

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2011 年 10 月 13 日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2011/125799 A1

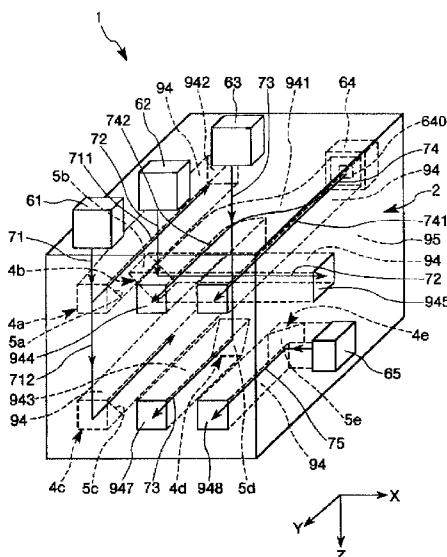
- (51) 国際特許分類:  
G02B 6/12 (2006.01) G02B 6/122 (2006.01)  
C08F 32/08 (2006.01) G02B 6/42 (2006.01)  
C08L 45/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/058137
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 30 日(30.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2010-089402 2010 年 4 月 8 日(08.04.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友ベークライト株式会社 (SUMITOMO BAKE-LITE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2 丁目 5 番 8 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森 哲也 (MORI Tetsuya) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2 丁目 5 番 8 号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP). 藤原 誠 (FUJIWARA Makoto) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川 2 丁目 5 番 8 号 住友ベークライト株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外(TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE STRUCTURE AND ELECTRONIC APPARATUS

(54) 発明の名称: 光導波路構造体および電子機器

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is an optical waveguide structure that has a wide degree of freedom of pattern shape design, can form a core section (light path) having high dimensional precision via a simple method, and has excellent durability. Further disclosed is an electronic apparatus provided with the aforementioned optical waveguide structure. One embodiment of the present disclosures is cited below. The optical waveguide structure (1) is provided with: an optical waveguide body (2) that forms a block shape; and five light-emitting elements (61-65). The optical waveguide body (2) is formed from a plurality of cladding layers and a plurality of core layers being laminated in a predetermined order. In each core layer, a predetermined pattern of core sections (94) and cladding sections (95) is formed. The core sections (94) are portions that form a light path for transmitted light, and are three-dimensionally disposed within the optical waveguide body (2). The core sections (94) have as a primary material a resin composition containing, for example, a norbornene resin, and are formed to a desired shape by selectively radiating actinic radiation to the core layer (93) configured from a material of which the refractive index changes by means of irradiation by actinic radiation and also by means of heating.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/125799 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, 添付公開書類:  
NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明により、パターン形状の設計の自由度が広く、寸法精度の高いコア部（光路）を簡単な方法で形成することができ、耐久性に優れる光導波路本体および前記光導波路構造体を備えた電子機器が提供される。本発明の一例を以下に挙げる。光導波路構造体（１）は、ブロック状をなす光導波路本体（２）と、５個の発光素子（６１）～（６５）とを備えている。光導波路本体（２）は、複数のクラッド層と複数のコア層とを所定の順序で積層してなるものであり、各コア層には、所定パターンのコア部（９４）とクラッド部（９５）とが形成されている。コア部（９４）は、伝送光の光路を形成する部分であり、光導波路本体（２）内に３次元的に配置されている。コア部（９４）は、例えばノルボルネン系樹脂を含む樹脂組成物を主材料とし、かつ活性放射線の照射により、またはさらに加熱することにより屈折率が変化する材料で構成されたコア層（９３）に対し活性放射線を選択的に照射することにより所望の形状に形成されたものである。

## 明 細 書

**発明の名称：**光導波路構造体および電子機器

### 技術分野

[0001] 本発明は、光導波路構造体および電子機器に関するものである。

本願は、2010年4月8日に、日本に出願された特願2010-089402号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

### 背景技術

[0002] 近年、光通信の分野における光部品として、光分岐結合器（光カプラ）、光合分波器等が開発されており、これらに用いる光導波路型素子が有望視されている。この光導波路型素子（以下単に「光導波路」とも言う）としては、従来の石英系光導波路の他、製造（パターンニング）が容易で汎用性に富むポリマー系光導波路があり、最近では後者の開発が盛んに行われている。

[0003] このような光導波路は、通常、基板上に所定の配置（パターン）で形成され、光導波路構造体として取り扱われる。この光導波路構造体としては、基板上に所定の配線回路と、コア部およびクラッド部で構成される光導波路とを形成し、さらにこの光導波路に発光素子および受光素子を取り付けたものが開示されている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] しかしながら、上記特許文献1に記載の光導波路構造体では、次のような問題点がある。

1. 光導波路の形成工程が複雑であり、伝送光の光路を構成するコア部のパターン形状の設計、選択の自由度が狭い。特に、光路（コア部）の配置が平面的であるため、光路の設計の自由度が狭い。
2. コア部のパターン形状の精度や寸法精度が悪い。
3. 配線パターンと組み合わせた場合に、該配線パターンの設計における自由度が狭い。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-146602号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明の目的は、パターン形状の設計の自由度が広く、寸法精度の高いコア部（光路）を簡単な方法で形成することができ、また、耐久性に優れる光導波路を備えた光導波路構造体を提供することにある。また、前記光導波路構造体を備えた電子機器を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0007] このような目的は、下記（１）～（３６）の本発明により達成される。

（１） 光路を形成するコア部と、前記コア部の外周に形成され、前記コア部と屈折率が異なるクラッド部とを有する光導波路本体を有し、

前記光導波路本体内に前記コア部が３次元的に配置されており、

前記コア部は、

（Ａ）環状オレフィン樹脂と、

（Ｂ）前記（Ａ）とは屈折率が異なり、かつ、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうちの少なくとも一方と、

（Ｃ）光酸発生剤と、

を含む組成物で構成されたコア層に対し活性放射線を選択的に照射することにより所望の形状に形成されたものであることを特徴とする光導波路構造体。

（２） 前記（Ｂ）の環状エーテル基は、オキセタニル基またはエポキシ基である上記（１）に記載の光導波路構造体。

（３） 前記（Ａ）の環状オレフィン樹脂は、ノルボルネン系樹脂である上記（１）または（２）に記載の光導波路構造体。

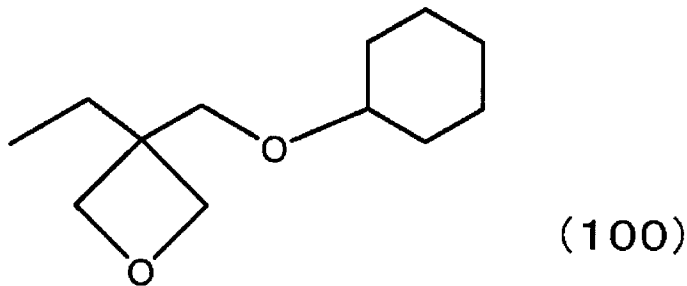
（４） 前記（Ｂ）は、前記（Ａ）よりも屈折率が低く、

前記環状オレフィン樹脂は、前記（Ｃ）の光酸発生剤から発生する酸により脱離し、脱離により、前記（Ａ）の屈折率を低下させる脱離性基を有するものである上記（１）ないし（３）のいずれかに記載の光導波路構造体。

(5) 前記(A)の環状オレフィン樹脂は、側鎖に前記(C)の光酸発生剤から発生する酸により脱離する脱離性基を有し、

前記(B)は、下記式(100)に記載の第1モノマーを含むものである  
上記(2)に記載の光導波路構造体。

[0008] [化1]



[0009] (6) 前記(B)は、さらに、エポキシ化合物およびオキセタニル基を2つ有するオキセタン化合物のうち、少なくとも一方を第2モノマーとして含むものである上記(5)に記載の光導波路構造体。

(7) 前記第2モノマーと前記第1モノマーとの割合は、重量比(前記第2モノマーの重量/前記第1モノマーの重量)で、0.1~1.0である上記(6)に記載の光導波路構造体。

(8) 前記脱離性基は、-O-構造、-Si-アリール構造および-O-Si-構造のうちの少なくとも1つを有するものである上記(5)ないし(7)のいずれかに記載の光導波路構造体。

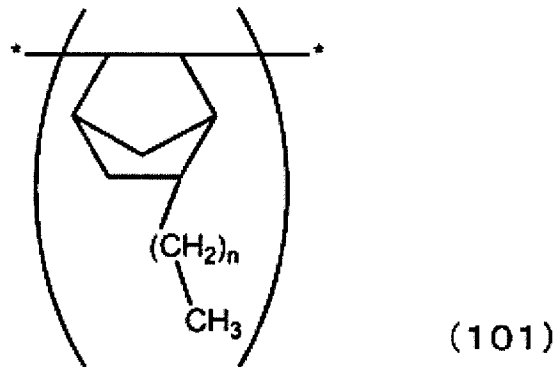
(9) 前記(A)の環状オレフィン樹脂は、ノルボルネン系樹脂である上記(5)ないし(8)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(10) 前記ノルボルネン系樹脂は、ノルボルネンの付加重合体である上記(9)に記載の光導波路構造体。

(11) 前記ノルボルネンの付加重合体は、下記式(101)に記載の繰り返し単位を有するものである上記(10)に記載の光導波路構造体。

[0010]

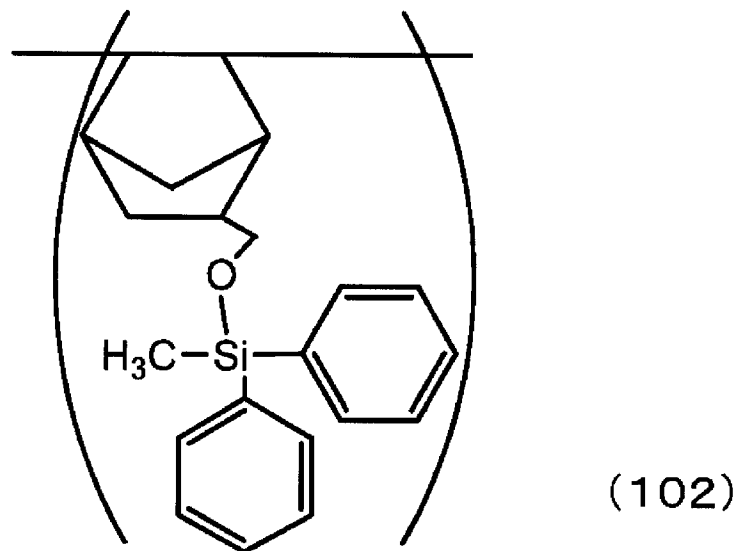
[化2]



[式101において  $n$  は0以上、9以下の整数である。]

[0011] (12) 前記ノルボルネンの付加重合体は、下記式(102)に記載の繰り返し単位を有するものである上記(10)または(11)に記載の光導波路構造体。

[0012] [化3]



[0013] (13) 上記式(100)に記載の第1モノマーの含有量は、前記環状オレフィン樹脂100重量部に対して、1重量部以上50重量部以下である上記(5)ないし(12)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(14) 前記コア層の活性放射線が照射された領域と、未照射領域とで、前記(B)由来の構造体濃度が異なっている上記(1)ないし(13)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(15) 前記コア層の活性放射線が照射された領域と未照射領域の屈折率差が0.01以上である上記(1)ないし(14)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(16) 前記コア層の活性放射線が照射された領域を前記クラッド部の少なくとも一部とし、未照射領域を前記コア部の少なくとも一部とする上記(1)ないし(15)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(17) 前記コア部は、互いに直交するX、YおよびZ方向のうちの少なくとも1つの方向に延在する部分を有している上記(1)ないし(16)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(18) 前記コア部は、互いに直交するX、YおよびZ方向のうちの少なくとも2つの方向に延在する部分を有している上記(1)ないし(16)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(19) 前記光導波路本体は、前記クラッド部を構成するクラッド層と前記コア層とが交互に積層された部分を有する上記(1)ないし(18)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(20) 前記光導波路本体は、前記コア層の両面に前記クラッド部を構成するクラッド層をそれぞれ接合してなる積層体を2つ以上重ねた部分を有する上記(1)ないし(19)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(21) 前記光導波路本体は、前記コア層を複数積層したコア層積層部を有する上記(1)ないし(20)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(22) 異なる前記コア層間に形成された前記コア部同士の間で伝送光の授受が行われるよう構成された部分を有する上記(8)ないし(21)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(23) 前記コア部を伝送される伝送光の光路を屈曲させる光路変換部を有する上記(1)ないし(22)のいずれかに記載の光導波路構造体。

(24) 前記光路変換部は、前記伝送光の少なくとも一部を反射する反射面を有するものである上記(23)に記載の光導波路構造体。

(25) 前記光路変換部は、前記伝送光の光路を複数の方向に分割する機

能を有するものである上記（２３）または（２４）に記載の光導波路構造体。

（２６） 前記コア部は、前記光導波路本体の外部より前記コア部の所定部位へ入射される伝送光が、コア部の他の部位と交差しないように配置されている上記（１）ないし（２５）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（２７） 前記コア部は、光路が分岐および／または合流する部分を有する上記（１）ないし（２６）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（２８） 互いに直交する $X$ 、 $Y$ および $Z$ 方向のうちの１つの入射方向から前記コア部の所定部位へ伝送光が入射したとき、前記伝送光が前記コア部の他の部位から前記入射方向と直交する方向へ出射するよう構成されている上記（１）ないし（２７）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（２９） 前記光導波路本体は、その少なくとも１つの表面が前記コア部の横断面に対し傾斜した傾斜面で構成されている上記（１）ないし（２８）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（３０） 発光部または受光部と、端子とを有する素子を少なくとも１つ備える上記（１）ないし（２９）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（３１） 前記素子は、前記光導波路本体の表面に接合されている上記（１）ないし（３０）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（３２） 前記素子は、その少なくとも一部が前記光導波路本体の内部に設置されている上記（１）ないし（３０）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（３３） 互いに独立して作動するか、連動して作動するか、または同期的に作動する２以上の素子を有する上記（３０）ないし（３２）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（３４） 導体層を有する上記（１）ないし（３３）のいずれかに記載の光導波路構造体。

（３５） 導体層を有し、前記端子が前記導体層に電氣的に接続されている上記（３０）ないし（３４）のいずれかに記載の光導波路構造体。



(36) 上記(1)ないし(35)のいずれかに記載の光導波路構造体を備えたことを特徴とする電子機器。

### 発明の効果

- [0014] 本発明によれば、コア部が3次元的に配置されており、しかも、コア部のパターンニングを活性放射線（活性エネルギー光線、電子線、X線等）の照射という簡単な方法で行うことができるので、コア部のパターン形状、すなわち、光路の配置の設計の自由度が広く、しかも寸法精度の高いコア部が得られる。
- [0015] また、コア層を所望の材料で構成した場合には、光導波路本体に応力が作用したり変形が生じたりした場合でも、コア部とクラッド部との層間剥離や、コア部内にマイクロクラックが発生すること等の欠陥が生じ難く、その結果、光導波路の光伝送性能が維持され、耐久性に優れる。
- [0016] さらに、コア部をノルボルネン系樹脂を主とする樹脂組成物で構成した場合には、前記変形に対し特に強く欠陥が生じ難いという効果が高い他、コア部とクラッド部との屈折率の差をより大きくすることができ、しかも、耐熱性に優れ、その結果、より高性能で耐久性に優れる光導波路が得られる。
- [0017] また、光導波路構造体が素子（発光素子または受光素子）を有する場合には、光導波路と光学的に接続することにより、素子の発光部から発せられた光を光導波路により他所へ導くことあるいは他所からの光を光導波路により素子の受光部へ導くことができ、小型で集積された光回路を形成することができる。
- [0018] また、導体層を形成した場合には、前記素子への配線が容易であるとともに、素子の種類（端子の設置箇所）等に係わらずそれに適した配線が可能となり、汎用性に富む。しかも、このような導体層による配線回路のパターンは、設計の自由度（例えば、端子の設置箇所の選択の自由度）が広い。
- [0019] このような本発明の光導波路構造体は、光回路（光導波路のパターン）や電気回路の設計の幅が広く、歩留まりが良く、光伝送性能を高く維持し、信頼性、耐久性に優れ、汎用性に富む。そのため、本発明は、種々の電子部品

、電子機器等に対し用いることができる。

### 図面の簡単な説明

- [0020] [図1] 本発明の光導波路構造体の第 1 実施形態を示す斜視図である。
- [図2] 図 1 に示す光導波路構造体における 1 段目のコア層のコア部の配置を示す図である。
- [図3] 図 1 に示す光導波路構造体における 2 段目のコア層のコア部の配置を示す図である。
- [図4] 図 1 に示す光導波路構造体における 3 段目のコア層のコア部の配置を示す図である。
- [図5] 光導波路本体の層構成の例を示す断面図である。
- [図6] 光導波路本体の層構成の例を示す断面図である。
- [図7] 光導波路本体の層構成の例を示す断面図である。
- [図8] 本発明の光導波路構造体の第 2 実施形態を示す斜視図である。
- [図9] 光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。
- [図10] 光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。
- [図11] 光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。
- [図12] 実施例における曲げ損失の測定方法を模式的に示す図である。

### 発明を実施するための形態

- [0021] 以下、本発明の光導波路構造体について添付図面に示す好適実施形態に基づき詳細に説明する。
- [0022] 図 1 は、本発明の光導波路構造体の第 1 実施形態を示す斜視図であり、図 2 は、図 1 に示す光導波路構造体における 1 段目のコア層のコア部の配置（パターン）を示す図、図 3 は、図 1 に示す光導波路構造体における 2 段目のコア層のコア部の配置（パターン）を示す図、図 4 は、図 1 に示す光導波路構造体における 3 段目のコア層のコア部の配置（パターン）を示す図である。以下これらの図を参照しつつ、光導波路構造体の構成例について説明する。
- [0023] なお、以下の説明では、図 1 中に示す X、Y および Z（ただし X、Y、Z

は互いに直交する方向)の方向をそれぞれ、「X方向」、「Y方向」および「Z方向」と言い、X方向、Y方向およびZ方向と反対方向をそれぞれ、「-X方向」、「-Y方向」および「-Z方向」と言う。また、光導波路構造体の図1中の上部を「上」または「上段」と言い、下部を「下」または「下段」と言い、上段と下段の中間部分を「中段」と言う。また、光導波路本体の図1(図8)中の上側の面を「上面」、下側の面を「下面」、右側の面を「右側面」、手前側の面を「前面」、奥側の面を「背面」と言う。

[0024] <第1実施形態：図1>

図1に示すように、本発明の光導波路構造体1は、ブロック状をなす光導波路本体2と、5個の発光素子61、62、63、64および65とを備えている。

[0025] 発光素子61、62、63、64および65は、それぞれ、発光部610、620、630、640および650と、一对の端子(図示せず)とを有している。例えば、発光素子61の端子間に通電(電位差を与える)すると、発光部610が点灯(発光)する。他の発光素子62~65についても同様である。

[0026] 発光素子61~65の発光部610~650は、それぞれ、1つの発光点で構成されているものの他、発光点が複数個集合したものでもよい。発光点が複数個集合したものとしては、例えば、発光点が列状(例えば発光点が1×4個、1×12個)または行列状(例えば発光点がn×m個：n、mは2以上の整数)に配置されたものや、複数の発光点がランダム(不規則)に配置されたもの等が挙げられる。後述する受光素子における受光部についても同様である。

[0027] また、各発光素子61~65は、それらの発光部610~650が光導波路本体2の表面に接触または対面するように光導波路本体2の表面に接合されている。ただし、本発明では、各発光素子61~65は、それぞれ、その全部または一部が光導波路本体2の内部に設置(埋設)されていてもよい。発光素子61~65と共に、または発光素子61~65に代えて受光素子を

設置する場合も同様である。

- [0028] なお、各発光素子 6 1 ~ 6 5 は、それぞれ独立して作動（発光）するものであるが、これらのうちに任意の 2 以上は、連動して（特に同時に）発光するもの、または同期的に発光するものでもよい。各発光素子 6 1 ~ 6 5 の発光パターンは、任意に設定することができ、また、発光パターンが経時的に変化してもよい。
- [0029] 光導波路本体 2 は、クラッド層 9 1 とコア層 9 3 とを所定の順序で積層してなるものである。この場合、光導波路本体 2 は、複数のクラッド層 9 1 と、複数（Z 方向に 3 段）のコア層 9 3 とを有している。
- [0030] 各コア層 9 3 には、それぞれ、所定パターンのコア部 9 4 とクラッド部 9 5 とが形成されている（図 1 ~ 図 4 参照）。コア部 9 4 は、伝送光の光路を形成する部分であり、クラッド部 9 5 は、コア層 9 3 に形成されているものの伝送光の光路を形成せず、クラッド層 9 1 と同様の機能を果たす部分である。
- [0031] コア部 9 4 は、クラッド部 9 5 に比べて屈折率が高く、また、クラッド層 9 1 に対しても屈折率が高い。コア部 9 4 の両側部にはクラッド部 9 5 が存在し、コア部 9 4 の下部および上部には、クラッド部 9 5 またはクラッド層 9 1 が存在する。このような構成により、コア部 9 4 は、その外周の全周をクラッド部に囲まれた導光路（光導波路）として機能する。
- [0032] 図 1 に示すように、コア部 9 4 は、光導波路本体 2 内に 3 次元的に配置されている。すなわち、コア部 4 は、X（-X）、Y（-Y）および Z（-Z）方向のうちの少なくとも 1 つの方向に延在する部分を有しているのが好ましく、X（-X）、Y（-Y）および Z（-Z）方向のうちの少なくとも 2 つの方向に延在する部分を有しているのがより好ましい。
- [0033] なお、クラッド層 9 1 は、伝送光がクラッド層 9 1 に対し層厚方向（クラッド層に対し垂直な方向）に入射したとき、当該伝送光を比較的高い透過率で透過する。
- [0034] コア層 9 3 の構成材料としては、活性放射線（活性エネルギー光線、電子

線またはX線等)の照射により、あるいはさらに加熱することにより屈折率  
が変化する材料とされる。このような材料の好ましい例としては、ベンゾシ  
クロブテン系樹脂ポリマー、ノルボルネン系ポリマー(樹脂)等の環状オレ  
フィン系樹脂を含む樹脂組成物を主材料とするものが挙げられ、ノルボルネ  
ン系ポリマーを含む(主材料とする)ものが特に好ましい。

[0035] このような材料で構成されたコア層93は、曲げ等の変形に対する耐性に  
優れ、特に繰り返し湾曲変形した場合でも、コア部94とクラッド部95と  
の剥離や、コア層93と隣接する層(クラッド層91または他のコア層93  
)との層間剥離が生じ難く、コア部94内やクラッド部95内にマイクロク  
ラックが発生することも防止される。その結果、光導波路の光伝送性能が維  
持され、耐久性に優れた光導波路が得られる。

[0036] また、コア層93の構成材料には、例えば、酸化防止剤、屈折率調整剤、  
可塑剤、増粘剤、補強剤、増感剤、レベリング剤、消泡剤、密着助剤および  
難燃剤等の添加剤が含まれていてもよい。酸化防止剤の添加は、高温安定性  
の向上、耐候性の向上、光劣化の抑制という効果がある。このような酸化防  
止剤としては、例えば、モノフェノール系、ビスフェノール系、トリフェノ  
ール系等のフェノール系や、芳香族アミン系のものが挙げられる。また、可  
塑剤、増粘剤、補強剤の添加により、曲げに対する耐性をさらに増大させる  
こともできる。

[0037] 前記酸化防止剤に代表される添加剤の含有率(2種以上の場合は合計)は  
、コア層93の構成材料全体に対し、0.5~40重量%程度が好ましく、  
3~30重量%程度がより好ましい。この量が少なすぎると、添加剤の機能  
を十分に発揮することができず、量が多すぎると、添加剤の種類や特性によ  
っては、コア部94を伝送する光(伝送光)の透過率の低下、パターンング  
不良、屈折率不安定等を生じるおそれがある。

[0038] コア層93の形成方法としては、塗布法が挙げられる。塗布法としては、  
コア層形成用組成物(ワニス等)を塗布し硬化(固化)させる方法、硬化性  
を有するモノマー組成物を塗布し硬化(固化)させる方法が挙げられる。ま

た、塗布法以外の方法、例えば、別途製造されたシート材を接合する方法を採用することもできる。

[0039] 以上のようにして得られたコア層 9 3 に対し、マスクを用いて活性放射線を選択的に照射し、所望の形状のコア部 9 4 をパターンニングする。

[0040] 露光に用いる活性放射線としては、可視光、紫外光、赤外光、レーザ光等の活性エネルギー光線や電子線、X線等が挙げられる。電子線は、例えば 50～2000 K G y 程度の照射量で照射することができる。

[0041] コア層 9 3 において、活性放射線が照射された部位は、その屈折率が変化し（コア層 9 3 の材料により、屈折率が増大する場合と減少する場合とがある）、活性放射線が照射されなかった部位との間で屈折率の差が生じる。例えば、コア層 9 3 の活性放射線が照射された部位がクラッド部 9 5 となり、照射されなかった部位がコア部 9 4 となる。また、この逆の場合もある。クラッド部 9 5 の屈折率は、クラッド層 9 1 の屈折率とほぼ等しい。

[0042] また、コア層 9 3 に対し活性放射線を所定のパターンで照射した後、加熱することにより、コア部 9 4 を形成する場合もある。この加熱工程を付加することにより、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との屈折率の差がより大きくなるので好ましい。なお、この原理等については、後に詳述する。

[0043] 形成されるコア部 9 4 のパターン形状としては、特に限定されず、直線状、湾曲部を有する形状、異形、光路の分岐部、合流部または交差部を有する形状、集光部（幅等が減少している部分）または光拡散部（幅等が増大している部分）、あるいはこれらのうちの 2 以上を組み合わせた形状等、いかなるものでもよい。活性放射線の照射パターンの設定により、いかなる形状のコア部 9 4 をも容易に形成することができる点が、本発明の特徴である。

[0044] 以下、光導波路本体 2 内における各コア層中のコア部 9 4 の配置（パターン）について具体的に説明する。

[0045] < 1 段目（上段）のコア層 >

図 2 に示すように、光導波路本体 2 における上から 1 段目（上段）のコア層 9 3 には、Y 方向に延在する長手形状の 3 つのコア部 9 4 が、X 方向に所

定間隔をおいてほぼ平行に形成（配置）されている。

[0046] 図2中左列のコア部94は、その一端が光導波路本体2の背面に露出し、該露出面が伝送光711の出射端942を構成している。該コア部94の出射端942と反対側の端部には、コア部94の光路を屈曲させる光路変換部（発光部側光路変換部）4aが設けられている。

[0047] 光路変換部4aは、伝送光の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー）5aで構成されている。後述する反射面5b、5c、5dおよび5eについても同様である。

[0048] 反射面5aは、コア部94の長手方向に対しほぼ45°傾斜しており、伝送光71の一部（例えば光量の50%）を反射し、残部を透過するビームスプリッター（ハーフミラーまたはダイクロイックミラー等）として機能するものであり、発光部610から発せられた伝送光71を複数の方向（直交する2つの方向）に分割する。そして反射面5aの反射率（透過率）の設定により、分割される各伝送光711、712の光量を、所定の比率に設定することができる。典型例としては、伝送光711と712の光量をほぼ等しいものとすることができる。

[0049] この光路変換部4aは、例えば、コア部94の一部（端部）を斜めに切断（除去）して傾斜面を形成し、該傾斜面を反射面5aとして用いることができる。反射面5aは、例えば多層光学薄膜や金属薄膜（例えばアルミ蒸着膜）のような反射膜あるいは反射増加膜を有していてもよい。また、図示しないが、光路変換部4aの傾斜面には、充填材、特にコア部94と屈折率の異なる充填材が充填または接合されていてもよい。これらは、後述する反射面5b、5c、5dおよび5eについても同様である。

[0050] 図2中右列のコア部94は、光導波路本体2の背面から前面まで連続して形成されており、該コア部94の背面への露出面には、発光部640が対面するよう発光素子64が設置され、該コア部94の前面への露出面は、伝送光741の出射端943を構成している。また、図2中右列のコア部94は、その途中にある分岐部941にて分岐し、図2中中央の列のコア部94を

形成している。このコア部 9 4 は、光導波路本体 2 の前面に露出し、該露出面が伝送光 7 4 2 の出射端 9 4 4 を構成している。

[0051] 分岐部 9 4 1 では、発光部 6 4 0 から発せられた伝送光 7 4 が、伝送光 7 4 1 と 7 4 2 とに分離される。伝送光 7 4 1 と伝送光 7 4 2 の光量の比率は、特に限定されず、例えば 1 : 9 ~ 9 : 1 程度とすることができる。なお、分岐部 9 4 1 に代え、前記反射面 5 a と同様の反射面（ビームスプリッター：ハーフミラーまたはダイクロイックミラー）を設置し、光路を複数の方向に分岐（分割）させることもできる。

[0052] また、分岐部 9 4 1 と同様の構成の合流部を有していてもよい。この場合には、図示の分岐部 9 4 1 において、伝送光の方向が反対方向であり、2 つのコア部（光路）が 1 つのコア部（光路）に合流する構成とされる。

[0053] < 2 段目（中段）のコア層 >

図 3 に示すように、光導波路本体 2 における上から 2 段目（中段）のコア層 9 3 には、X 方向に延在する長手形状の 1 つのコア部 9 4 が形成（配置）されている。該コア部 9 4 は、その一端が光導波路本体 2 の右側面に露出し、該露出面が伝送光 7 2 の出射端 9 4 5 を構成している。該コア部 9 4 の出射端 9 4 5 と反対側の端部には、コア部 9 4 の光路を屈曲させる光路変換部（発光部側光路変換部）4 b が設けられている。

[0054] 光路変換部 4 b は、伝送光の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー）5 b で構成されている。反射面 5 b は、コア部 9 4 の長手方向に対しほぼ 45° 傾斜しており、伝送光 7 2 のほぼ全部（例えば光量の 90% 以上）を反射する全反射ミラーを構成している。

[0055] < 3 段目（下段）のコア層 >

図 4 に示すように、光導波路本体 2 における上から 3 段目（下段）のコア層 9 3 には、Y 方向に延在する長手形状の 3 つのコア部 9 4 が、X 方向に所定間隔をおいてほぼ平行に形成（配置）されている。

[0056] 図 4 中左列のコア部 9 4 は、その一端が光導波路本体 2 の背面に露出し、該露出面が伝送光 7 1 2 の出射端 9 4 6 を構成している。該コア部 9 4 の出



射端 9 4 6 と反対側の端部には、コア部 9 4 の光路を屈曲させる光路変換部（発光部側光路変換部） 4 c が設けられている。

[0057] 光路変換部 4 c は、伝送光の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー） 5 c で構成されている。反射面 5 c は、コア部 9 4 の長手方向に対しほぼ 45° 傾斜しており、上方にある反射面 5 a を透過した伝送光 7 1 2 のほぼ全部（例えば光量の 90% 以上）を反射する全反射ミラーを構成している。

[0058] 図 4 中中央の列のコア部 9 4 は、その一端が光導波路本体 2 の前面に露出し、該露出面が伝送光 7 3 の出射端 9 4 7 を構成している。該コア部 9 4 の出射端 9 4 7 と反対側の端部には、コア部 9 4 の光路を屈曲させる光路変換部（発光部側光路変換部） 4 d が設けられている。

[0059] 光路変換部 4 d は、伝送光の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー） 5 d で構成されている。反射面 5 d は、コア部 9 4 の長手方向に対しほぼ 45° 傾斜しており、伝送光 7 3 のほぼ全部（例えば光量の 90% 以上）を反射する全反射ミラーを構成している。

[0060] 図 4 中右列のコア部 9 4 は、その一端が光導波路本体 2 の前面に露出し、該露出面が伝送光 7 5 の出射端 9 4 8 を構成している。該コア部 9 4 は、途中で X 方向に向けて L 字状に屈曲し、その端部（出射端 9 4 8 と反対側の端部）は、光導波路本体 2 の右側面に露出している。この露出面には、発光部 6 5 0 が対面するよう発光素子 6 5 が設置されている。該コア部 9 4 の屈曲部には、コア部 9 4 の光路を屈曲させる光路変換部（発光部側光路変換部） 4 e が設けられている。

[0061] 光路変換部 4 e は、伝送光の少なくとも一部を反射する反射面（ミラー） 5 e で構成されている。反射面 5 e は、コア部 9 4 の長手方向に対しほぼ 45° 傾斜しており、伝送光 7 5 のほぼ全部（例えば光量の 90% 以上）を反射する全反射ミラーを構成している。

[0062] 図 1 に示すように、光導波路本体 2 の上面には、該上面に発光部 6 1 0、6 2 0 および 6 3 0 が対面するよう発光素子 6 1、6 2 および 6 3 がそれぞれ所定の位置に設置されている。

- [0063] 発光素子 6 1 は、発光部 6 1 0 の真下に光路変換部 4 a の反射面 5 a が位置するような位置に設置されている。さらに、反射面 5 a の真下に、光路変換部 4 c の反射面 5 c が位置している。すなわち、Z 方向に見たとき、発光部 6 1 0 と反射面 5 a と反射面 5 c とは、一致している。
- [0064] また、発光素子 6 2 は、発光部 6 2 0 の真下に光路変換部 4 b の反射面 5 b が位置するような位置に設置されている。すなわち、Z 方向に見たとき、発光部 6 2 0 と反射面 5 b とは、一致している。この場合、発光部 6 2 0 の真下には、1 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4（図 2 参照）は存在していない。つまり、発光部 6 2 0 から発せられた伝送光 7 2 は、1 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4 とは交差せずに（1 段目のコア層 9 3 のクラッド部 9 5 を透過して）反射面 5 b に到達するようになっており、これにより、クロストークが防止される。
- [0065] また、発光素子 6 3 は、発光部 6 3 0 の真下に光路変換部 4 d の反射面 5 d が位置するような位置に設置されている。すなわち、Z 方向に見たとき、発光部 6 3 0 と反射面 5 d とは、一致している。この場合、発光部 6 3 0 の真下には、1 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4（図 2 参照）も 2 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4（図 3 参照）も存在していない。つまり、発光部 6 3 0 から発せられた伝送光 7 3 は、1 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4 とは交差せず（1 段目のコア層 9 3 のクラッド部 9 5 を透過して）、さらに 2 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4 とも交差せず（2 段目のコア層 9 3 のクラッド部 9 5 を透過して）、反射面 5 d に到達するようになっており、これにより、クロストークが防止される。
- [0066] また、発光素子 6 5 は、X 方向に見たとき発光部 6 5 0 と光路変換部 4 e の反射面 5 e とが一致するような位置に設置されている。
- [0067] 図示されていないが、出射端 9 4 2、9 4 3、9 4 4、9 4 5、9 4 6、9 4 7、9 4 8 のうちの一部または全部には、受光素子が設置されていてもよい。この受光素子は、受光部と、受光部で受光した光を光電変換し、電気信号を出力する端子とを有している。出射端 9 4 2～9 4 8 から出射された

伝送光が受光素子の受光部で受光されると、受光素子の端子より電子信号が出力される。

- [0068] 次に、光導波路本体 2 を構成するコア層とクラッド層の構成例について、図 5 ～図 7 を参照しつつ説明する。
- [0069] 図 5 に示す構成では、クラッド層 9 1 とコア層 9 3 とが交互に積層されている。各コア層 9 3 は、それぞれ、所定パターンのコア部 9 4 とクラッド部 9 5 とを有する。
- [0070] 図 6 に示す構成では、1 つのコア層 9 3 の両面にそれぞれクラッド層 9 1 が接合された（換言すれば、2 つのクラッド層 9 1 間にコア層 9 3 が介挿された）3 層構造の積層体（光導波路）9 0 を 1 単位とし、該積層体 9 0 を 2 つ以上重ねたものである。各積層体 9 0 におけるコア層 9 3 は、それぞれ、所定パターンのコア部 9 4 とクラッド部 9 5 とを有する。
- [0071] 図 7 に示す構成では、コア層 9 3 を複数積層した（図示の場合、4 層積層）コア層積層部 9 2 を有する。コア層積層部 9 2 の上面および下面には、それぞれ、クラッド層 9 1 が接合されている。
- [0072] コア層積層部 9 2 を構成する各コア層 9 3 は、それぞれ、所定パターンのコア部 9 4 とクラッド部 9 5 とを有する。この場合、図 7 中最上部に位置するコア層 9 3 と最下部に位置するコア層 9 3 には、それぞれ、反射面 5 f、5 g で構成される光路変換部 4 f、4 g が設けられており、それらの間の 2 つのコア層 9 3 には、それぞれ、コア部 9 4 が設けられている。これにより、図 7 中最上部に位置するコア層 9 3 のコア部 9 4 を Y 方向に伝送される伝送光 7 6 は、反射面 5 f で反射されて下方（Z 方向）へ向けて直角に屈曲し、中間の 2 つのコア層 9 3 に形成されたコア部 9 4 内を Z 方向に進み、反射面 5 g で反射されて再び直角に屈曲し、図 7 中最下部に位置するコア層 9 3 のコア部 9 4 を Y 方向に進む。
- [0073] 本発明における光導波路本体 2 は、図 5 ～図 7 に示す構成のうちの少なくとも 1 つを有している。また、図 5 ～図 7 に示す構成のうちの 2 以上または全てを有していてもよい。

[0074] なお、コア層 9 3 およびクラッド層 9 1 の構成材料およびコア部 9 4 の形成方法等については、後に詳述する。

[0075] 本発明の光導波路構造体 1 は、光導波路本体 2 の表面および／または内部に、導体層（図示せず）を有しているのが好ましい。この導体層は、所定形状にパターンニングされて所望の配線（回路）を構成しているものが好ましい。このような導体層は、各発光素子 6 1 ～ 6 5 の端子に電氣的に接続され、各発光素子 6 1 ～ 6 5 への通電用配線を構成しているのが好ましい。また、受光素子を設置した構成の場合、導体層は、受光素子の端子（出力端子）に電氣的に接続され、該端子からの出力信号を検出する回路として用いられるのが好ましい。

[0076] このような導体層は、光導波路本体 2 の表面および／または内部において、3 次元的に配置することもできる。すなわち、導体層における配線を、例えば、X、Y および Z 方向のうちの 2 方向または 3 方向に延在するように設置することができる。

[0077] 導体層の構成材料としては、例えば、銅、銅系合金、アルミニウム、アルミニウム系合金等の各種金属材料が挙げられる。導体層の厚さは、特に限定されないが、通常、3 ～ 120  $\mu\text{m}$  程度が好ましく、5 ～ 70  $\mu\text{m}$  程度がより好ましい。

また、導体層は、例えば、金属箔の接合（接着）、金属メッキ、蒸着、スパッタリング等の方法により形成されたものであるのが好ましい。導体層へのパターンニングは、例えばエッチング、印刷、マスキング等の方法を用いることができる。

[0078] 次に、図 1 ～ 図 4 に示す光導波路構造体 1 の作動について説明する。発光素子 6 1 の端子へ通電がなされると発光部 6 1 0 が点灯し、Z 方向へ向かって発せられた伝送光 7 1 は、クラッド部（クラッド層 9 1 およびクラッド部 9 5）を透過し、反射面 5 a において反射光と透過光とに分離される（図 1 参照）。反射面 5 a で反射されてほぼ 90° 屈曲した伝送光（反射光）7 1 は、1 段目のコア層 9 3 のコア部 9 4 に入り、－Y 方向に進み、出射端 9

4 2に到達する（図2参照）。反射面5 aを透過してZ方向へ進んだ伝送光（透過光）7 1 2は、反射面5 cで反射（ほぼ全反射）されてほぼ90° 屈曲し、3段目のコア層9 3のコア部9 4に入り、-Y方向に進み、出射端9 4 6に到達する（図4参照）。

[0079] 発光素子6 2の端子へ通電がなされると発光部6 2 0が点灯し、Z方向へ向かって発せられた伝送光7 2は、クラッド部（クラッド層9 1およびクラッド部9 5）を透過し、反射面5 bで反射（ほぼ全反射）されてほぼ90° 屈曲し、2段目のコア層9 3のコア部9 4に入り、X方向に進み、出射端9 4 5に到達する（図1、図3参照）。

[0080] 発光素子6 3の端子へ通電がなされると発光部6 3 0が点灯し、Z方向へ向かって発せられた伝送光7 3は、クラッド部（クラッド層9 1およびクラッド部9 5）を透過し、反射面5 dで反射（ほぼ全反射）されてほぼ90° 屈曲し、3段目のコア層9 3のコア部9 4に入り、Y方向に進み、出射端9 4 7に到達する（図1、図4参照）。

[0081] 発光素子6 4の端子へ通電がなされると発光部6 4 0が点灯し、Y方向へ向かって発せられた伝送光7 4は、1段目のコア層9 3のコア部9 4に入りY方向に進み、分岐部9 4 1にて、伝送光7 4 1と伝送光7 4 2とに分離される。伝送光7 4 1および7 4 2は、それぞれ分岐部9 4 1よりY方向側にあるコア部9 4内を進み、出射端9 4 3および9 4 4に到達する（図1、図2参照）。

[0082] 発光素子6 5の端子へ通電がなされると発光部6 5 0が点灯し、-X方向へ向かって発せられた伝送光7 5は、3段目のコア層9 3のコア部9 4に入り-X方向に進み、反射面5 eで反射（ほぼ全反射）されてほぼ90° 屈曲し、Y方向に進み、出射端9 4 8に到達する（図1、図4参照）。

[0083] 図8は、本発明の光導波路構造体1の第2実施形態を示すが示されている。以下、この光導波路構造体1について説明するが、前記第1実施形態と同様の事項についてはその説明を省略し、相違点を中心に説明する。

[0084] 本実施形態の光導波路構造体1は、光導波路本体2の少なくとも1つの表

面が傾斜した傾斜面 3 となっている。すなわち、図 8 に示すように、光導波路本体 2 の前面は、1 段目と 3 段目のコア層 9 3 のコア部（Y 方向に延在するコア部）9 4 の横断面（＝X Z 平面）に対しほぼ  $45^{\circ}$ （ $\theta = 45^{\circ}$ ）の角度で傾斜した傾斜面 3 となっている。これにより、傾斜面 3 に露出するコア部 9 4 の露出面（露出端面）9 6 1、9 6 2、9 6 3、9 6 4 および 9 6 5 も、同角度の傾斜面となる。そして、これらの露出面 9 6 1、9 6 2、9 6 3、9 6 4 および 9 6 5 を反射面（全反射面：反射率 90% 以上）として用いることができる。例えば、これらの露出面 9 6 1～9 6 5 に対し、前記と同様に、多層光学薄膜や金属薄膜（例えばアルミ蒸着膜）のような反射膜あるいは反射増加膜を設けることができる。

[0085] このような構成としたことにより、露出面 9 6 1 は、発光素子 6 1 の発光部 6 1 0 から発せられた Z 方向の伝送光 7 1 を -Y 方向に屈曲するように反射し、露出面 9 6 2、9 6 3、9 6 4 および 9 6 5 は、それぞれ、コア部 9 4 内を進む伝送光 7 4 2、7 4 1、7 3 および 7 5 をそれぞれ -Z 方向に屈曲するように反射する。

[0086] なお、本実施形態では、露出面 9 6 1 を、ほぼ全反射する反射面としたため、3 段目のコア層 9 3 の左列のコア部 9 4（図 4 中左列のコア部 9 4 に相当）および光路変換部 4 c は存在しない。

[0087] なお、傾斜面 3 の傾斜角度（X Z 平面とのなす角度） $\theta$  は、 $45^{\circ}$  に限定されるものではなく、例えば  $\theta$  は、 $20^{\circ} \sim 70^{\circ}$  程度とすることができる。また、露出面 9 6 1～9 6 5 は、全反射面に限らず、例えばハーフミラーやダイクロイックミラーのような、伝送光を反射光と透過光とに分離するような機能を持つもの（ビームスプリッター）でもよい。

[0088] また、傾斜面 3 は、光路を反射等により屈曲させる目的で形成されるものに限定されないことは、言うまでもない。また、このような傾斜面は、光導波路本体 2 の前面以外の面に形成されていてもよく、光導波路本体 2 の 2 以上の面に形成されていてもよい。

[0089] 以上、各実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるもの

ではなく、発明の要旨を変更しない限り、他の構成のものでもよい。また、本発明は、上述した各実施形態のうちの任意の２以上の実施形態を組み合わせたものでもよい。

[0090] 上述したような本発明の光導波路構造体は、折り曲げ操作を行うことにより、基板２や光導波路９が屈曲した状態（屈曲状態）と、折り曲げ操作を解除し、基板２や光導波路９を伸張させた状態（伸張状態）とを自在にとり得るものとなる。このため、例えばヒンジ部またはスライド部を有する携帯電話、ゲーム機、ＰＤＡ、ノート型パソコン等の電子機器のヒンジ部やスライド部に対して好適に用いることができる。例えば携帯電話において、ヒンジ部を介した２点間を光導波路構造体で接続した場合、携帯電話のヒンジ部を閉じたときには、光導波路構造体が屈曲状態をとり、ヒンジ部を開いたときには、光導波路構造体が伸張状態をとることとなる。

[0091] このようにすれば、光導波路構造体は、可動部を挟む２点間の電氣的接続および光学的接続を、長期にわたって維持することができる。このため、光導波路構造体を備えた携帯電話（電子機器）は、その信頼性を高めることができる。

なお、本発明の光導波路構造体を適用する電子機器は、上記のものに限定されず、例えば、ルーター装置、ＷＤＭ装置、パソコン、テレビ、ホーム・サーバー等の電子機器類への適用が好適である。これらの電子機器では、いずれも、例えばＬＳＩ等の演算装置とＲＡＭ等の記憶装置との間で、大容量のデータを高速に伝送する必要がある。したがって、このような電子機器が本発明の光電気混載基板を備えることにより、電気配線に特有なノイズ、信号劣化等の不具合が解消されるため、その性能の飛躍的な向上が期待できる。

さらに、光導波路部分では、電気配線に比べて発熱量が大幅に削減される。このため、基板内の集積度を高めて小型化が図られるとともに、冷却に要する電力を削減することができ、電子機器全体の消費電力を削減することができる。

[0092] 次に、前記各実施形態における、光導波路本体（光導波路）2の製造方法および各部の構成材料等について説明するが、特にコア部94の形成方法について詳細に説明する。

[0093] まず、コア部94の形成方法の説明に先立って、コア部94の形成に用いられる感光性樹脂組成物について説明する。

[0094] 本実施形態においてコア部94の形成に用いる感光性樹脂組成物は、  
（A）環状オレフィン樹脂と、  
（B）（A）とは屈折率が異なり、かつ、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうち少なくともいずれか一方と、  
（C）光酸発生剤と、  
を備える。

なかでも、光の伝搬損失の発生を確実に抑制するという観点から、  
側鎖に（C）光酸発生剤から発生する酸により脱離する脱離性基を有する環状オレフィン樹脂（A）と、  
上記式（100）のモノマーとを含むことが好ましい。

[0095] このような感光性樹脂組成物は、フィルム状に成形されて光導波路形成用フィルムとされ、さらに、屈折率が異なる領域を含むフィルム、例えば、光導波路フィルムとして使用される。

[0096] 以下、感光性樹脂組成物の成分について順次詳述する。

[0097] （（A）環状オレフィン樹脂）

成分（A）の環状オレフィン樹脂は、感光性樹脂組成物のフィルム成形性を確保するために添加されるものであり、ベースポリマーとなるものである。

ここで、環状オレフィン樹脂は、無置換のものであってもよいし、水素が他の基により置換されたものであってもよい。

環状オレフィン樹脂としては、例えばノルボルネン系樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂等が挙げられる。



なかでも、耐熱性、透明性等の観点からノルボルネン系樹脂を使用することが好ましい。

[0098] ノルボルネン系樹脂としては、例えば、

(1) ノルボルネン型モノマーを付加（共）重合して得られるノルボルネン型モノマーの付加（共）重合体、

(2) ノルボルネン型モノマーとエチレンや $\alpha$ -オレフィン類との付加共重合体、

(3) ノルボルネン型モノマーと非共役ジエン、および必要に応じて他のモノマーとの付加共重合体のような付加重合体、

(4) ノルボルネン型モノマーの開環（共）重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加した樹脂、

(5) ノルボルネン型モノマーとエチレンや $\alpha$ -オレフィン類との開環共重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加した樹脂、

(6) ノルボルネン型モノマーと非共役ジエン、または他のモノマーとの開環共重合体、および必要に応じて該（共）重合体を水素添加したポリマーのような開環重合体が挙げられる。これらの重合体としては、ランダム共重合体、ブロック共重合体、交互共重合体等が挙げられる。

[0099] これらのノルボルネン系樹脂は、例えば、開環メタセシス重合（ROMP）、ROMPと水素化反応との組み合わせ、ラジカルまたはカチオンによる重合、カチオン性パラジウム重合開始剤を用いた重合、これ以外の重合開始剤（例えば、ニッケルや他の遷移金属の重合開始剤）を用いた重合等、公知のすべての重合方法で得ることができる。

[0100] これらの中でも、ノルボルネン系樹脂としては、付加（共）重合体が好ましい。付加（共）重合体は、透明性、耐熱性および可撓性に富むことから好ましい。たとえば、感光性樹脂組成物によりフィルムを形成した後、電気部品等を、半田を介して実装することがある。このような場合において、高い耐熱性、すなわち、耐リフロー性を有することが必要となるため、付加（共）重合体が好ましい。また、感光性樹脂組成物によりフィルムを形成し、

製品に組み込んだ際に、たとえば、80℃程度の環境下にて使用される場合がある。このような場合においても、耐熱性を確保するという観点から、付加（共）重合体が好ましい。

[0101] なかでも、ノルボルネン系樹脂は、重合性基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位や、アリール基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位を含むものが好ましい。

重合性基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位としては、エポキシ基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位、（メタ）アクリル基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位、および、アルコキシシリル基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位がのうちの少なくとも1種が好適である。これらの重合性基は、各種重合性基の中でも、反応性が高いことから好ましい。

また、このような重合性基を含むノルボルネンの繰り返し単位を、2種以上含むものを用いれば、可撓性と耐熱性の両立を図ることができる。

一方、アリール基を含む置換基を有するノルボルネンの繰り返し単位を含むことにより、アリール基に由来する極めて高い疎水性によって、吸水による寸法変化等をより確実に防止することができる。

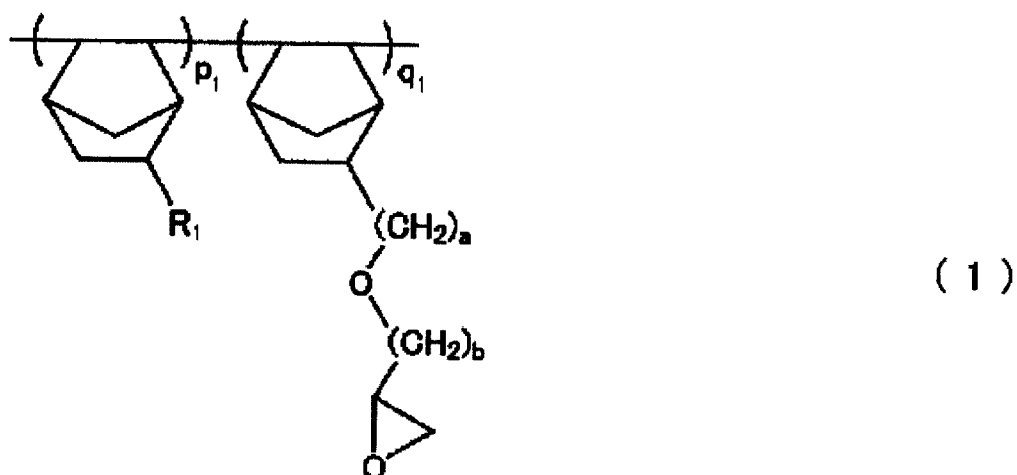
さらに、ノルボルネン系ポリマーは、アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むものが好ましい。なお、アルキル基は、直鎖状または分岐状のいずれであってもよい。

アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むことにより、ノルボルネン系ポリマーは、柔軟性が高くなるため、高いフレキシビリティ（可撓性）を付与することができる。

また、アルキルノルボルネンの繰り返し単位を含むノルボルネン系ポリマーは、特定の波長領域（特に、850nm付近の波長領域）の光に対する透過率が優れることから好ましい。

[0102] このようなことから、ノルボルネン系樹脂としては、以下の式（1）～（4）、（8）～（10）で表されるものが好適である。

[0103] [化4]

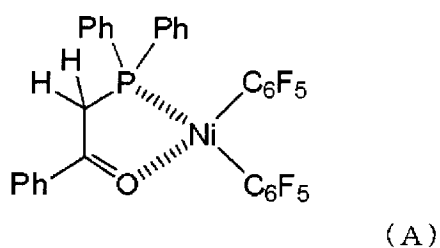


[式(1)中、 $R_1$ は、炭素数1～10のアルキル基を表し、 $a$ は、0～3の整数を表し、 $b$ は、1～3の整数を表し、 $p_1/q_1$ が20以下である。]

[0104] 式(1)のノルボルネン系樹脂は、以下のようにして製造することができる。

$R_1$ を有するノルボルネンと、側鎖にエポキシ基を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、Ni化合物(A)を触媒として用いて溶液重合させることで(1)を得る。

[0105] [化5]



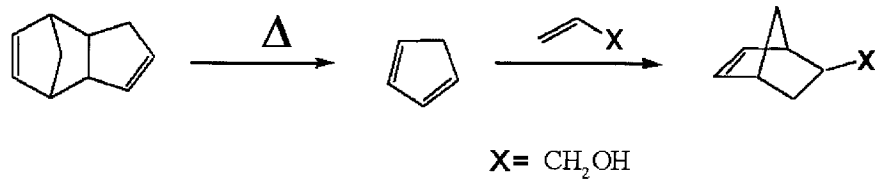
[0106] なお、側鎖にエポキシ基を有するノルボルネンの製造方法は、たとえば、(i) (ii)の通りである。

(i) ノルボルネンメタノール( $NB-CH_2-OH$ )の合成

DCPD(ジシクロペンタジエン)のクラッキングにより生成したCPD(シクロペンタジエン)と $\alpha$ オレフィン( $CH_2=CH-CH_2-OH$ )を高温高压下で反応

させる。

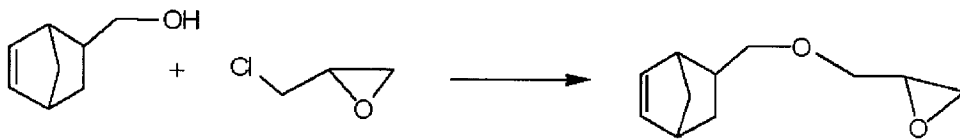
[0107] [化6]



[0108] (ii) エポキシノルボルネンの合成

ノルボルネンメタノールとエピクロルヒドリンとの反応により生成する。

[0109] [化7]

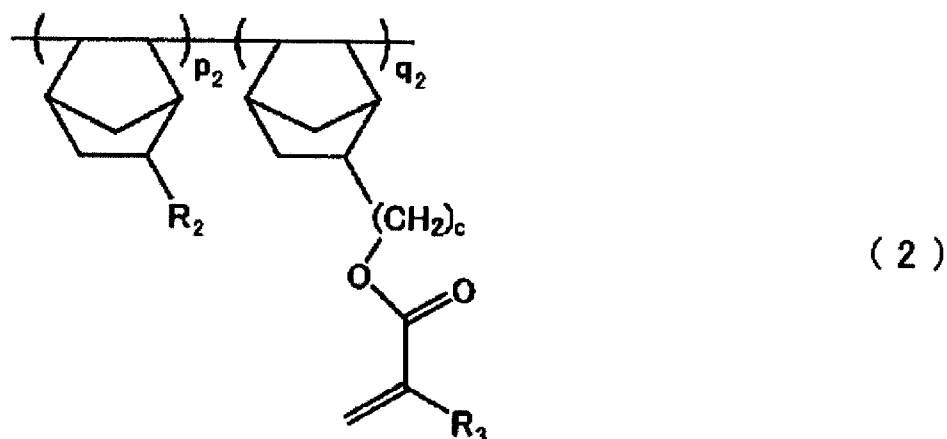


[0110] なお、式（１）において、 $b$ が２もしくは３の場合には、エピクロルヒドリンのメチレン基がエチレン基、プロピレン基等になったものを使用する。

式（１）で表されるノルボルネン系樹脂の中でも、可撓性と耐熱性の両立を図ることが可能との観点から、特に、 $R_1$ が炭素数４～１０のアルキル基であり、 $a$ および $b$ がそれぞれ１である化合物、例えば、ブチルボルネンとメチルグリシジルエーテルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとメチルグリシジルエーテルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとメチルグリシジルエーテルノルボルネンとのコポリマー等が好ましい。

[0111]

[化8]



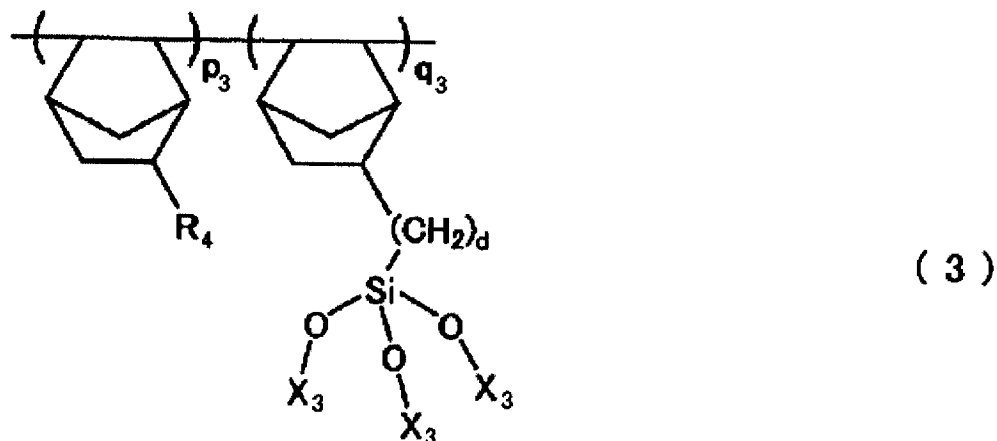
〔式中、 $R_2$ は、炭素数1～10のアルキル基を表し、 $R_3$ は、水素原子またはメチル基を表し、 $c$ は、0～3の整数を表し、 $p_2/q_2$ が20以下である。〕

[0112] 式(2)のノルボルネン系樹脂は、 $R_2$ を有するノルボルネンと、側鎖にアクリルおよびメタクリル基を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、上述したNi化合物(A)を触媒に用いて溶液重合させることで得ることができる。

[0113] なお、式(2)で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、可撓性と耐熱性との両立の観点から、特に、 $R_2$ が炭素数4～10のアルキル基であり、 $c$ が1である化合物、例えば、ブチルボルネンとアクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとアクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルとのコポリマー、デシルノルボルネンとアクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルとのコポリマー等が好ましい。

[0114]

[化9]



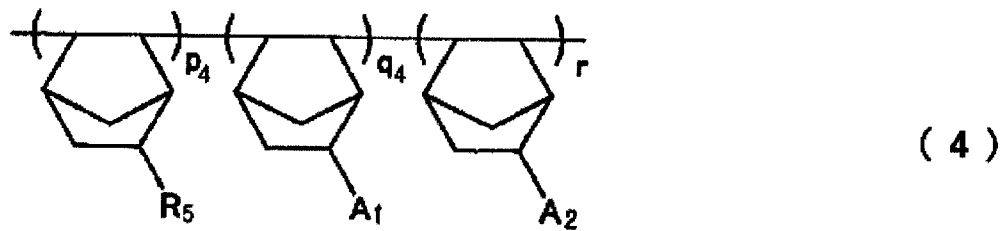
[式(3)中、 $R_4$ は、炭素数1～10のアルキル基を表し、各 $X_3$ は、それぞれ独立して、炭素数1～3のアルキル基を表し、 $d$ は、0～3の整数を表し、 $p_3/q_3$ が20以下である。]

[0115] 式(3)の樹脂は、 $R_4$ を有するノルボルネンと、側鎖にアルコキシシリル基を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、上述したNi化合物(A)を触媒に用いて溶液重合させることで得ることができる。

[0116] なお、式(3)で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、特に、 $R_4$ が炭素数4～10のアルキル基であり、 $d$ が1または2、 $X_3$ がメチル基またはエチル基である化合物、例えば、ブチルボルネンとノルボルネニルエチルトリメトキシシランとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとノルボルネニルエチルトリメトキシシランとのコポリマー、デシルノルボルネンとノルボルネニルエチルトリメトキシシランとのコポリマー、ブチルボルネンとトリエトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとトリエトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとトリエトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、ブチルボルネンとトリメトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとトリメトキシシリルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとトリメトキシシリルノルボルネンとのコポリマー等が好ましい。

[0117]

[化10]



(式中、 $R_5$ は、炭素数1～10のアルキル基を表し、 $A_1$ および $A_2$ は、それぞれ独立して、下記式(5)～(7)で表される置換基を表すが、同時に同一の置換基であることはない。また、 $p_4/q_4+r$ が20以下である。)

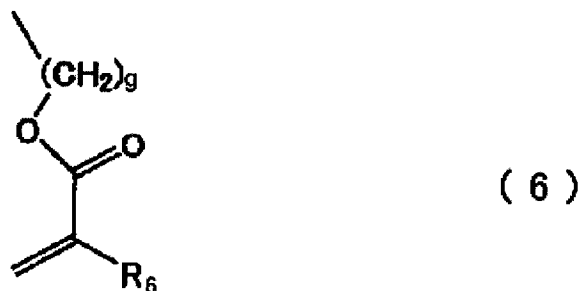
[0118]  $R_5$ を有するノルボルネンと、側鎖に $A_1$ および $A_2$ を有するノルボルネンとをトルエンに溶かし、Ni化合物(A)を触媒に用いて溶液重合させることで(4)を得る。

[0119] [化11]



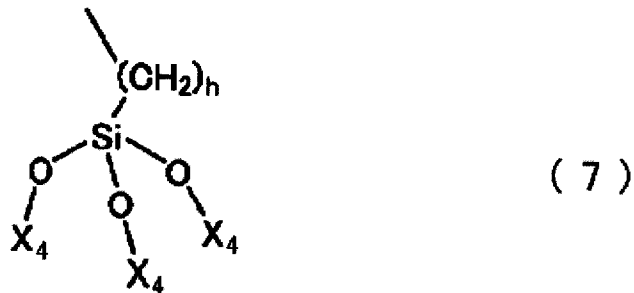
[式中、 $e$ は、0～3の整数を表し、 $f$ は、1～3の整数を表す。]

[0120] [化12]



[式中、 $R_6$ は、水素原子またはメチル基を表し、 $g$ は、0～3の整数を表す。]

[0121] [化13]



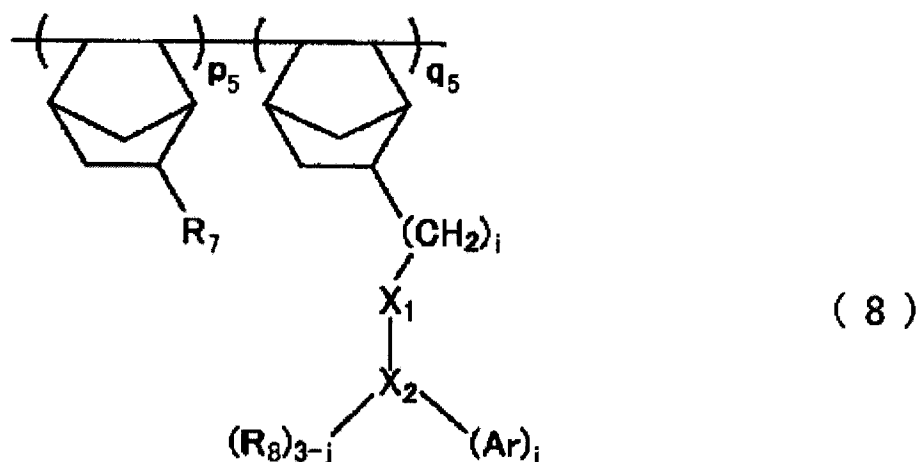
[式中、 $X_4$ は、それぞれ独立して、炭素数1～3のアルキル基を表し、 $h$ は、0～3の整数を表す。]

[0122] なお、式(4)で表されるノルボルネン系ポリマーとしては、例えば、ブチルノルボルネン、ヘキシルノルボルネンまたはデシルノルボルネンのいずれかと、アクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルと、ノルボルネニルエチルトリメトキシシラン、トリエトキシシリルノルボルネンまたはトリメトキシシリルノルボルネンのいずれかとのターポリマー、ブチルボルネン、ヘキシルノルボルネンまたはデシルノルボルネンのいずれかと、アクリル酸2-(5-ノルボルネニル)メチルと、メチルグリシジルエーテルノルボルネンとのターポリマー、ブチルボルネン、ヘキシルノルボルネンまたはデシルノルボルネンのいずれかと、メチルグリシジルエーテルノルボルネン、ノルボルネニルエチルトリメトキシシラン、トリエトキシシリルノルボルネンまたはトリメトキシシリルノルボルネンのいずれかとのターポリマー等が挙げられる。

[0123]



[化14]



[式(8)中、 $R_7$ は、炭素数1～10のアルキル基を表し、 $R_8$ は、水素原子、メチル基またはエチル基を表し、 $Ar$ は、アリール基を表し、 $X_1$ は、酸素原子またはメチレン基を表し、 $X_2$ は、炭素原子またはシリコン原子を表し、 $i$ は、0～3の整数を表し、 $j$ は、1～3の整数を表し、 $p_5/q_5$ が20以下である。]

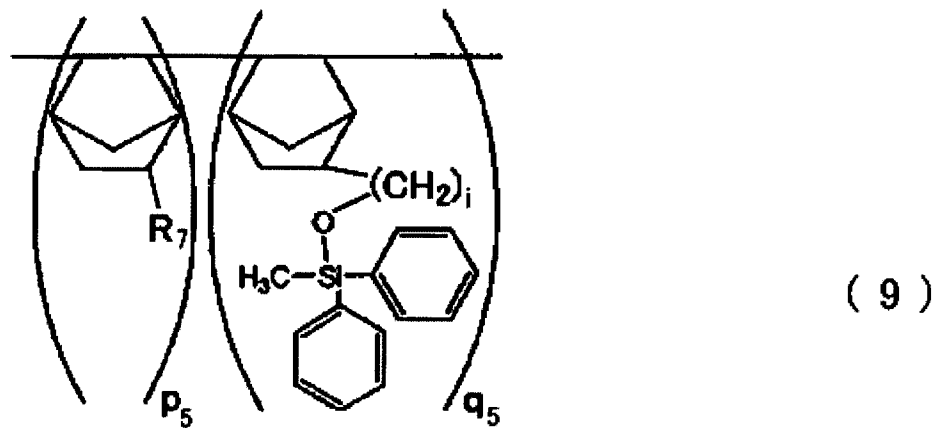
[0124]  $R_7$ を有するノルボルネンと、側鎖に $-(CH_2)_i-X_1-X_2(R_8)_{3-j}(Ar)_j$ を含むノルボルネンとをトルエンに溶かし、Ni化合物を触媒に用いて溶液重合させることで(8)を得る。

[0125] なお、式(8)で表されるノルボルネン系ポリマーの中でも、 $X_1$ が酸素原子、 $X_2$ がシリコン原子、 $Ar$ がフェニル基であるものが好ましい。

さらには、可撓性、耐熱性および屈折率制御の観点から特に、 $R_7$ が炭素数4～10のアルキル基であり、 $X_1$ が酸素原子、 $X_2$ がシリコン原子、 $Ar$ がフェニル基、 $R_8$ がメチル基、 $i$ が1、 $j$ が2である化合物、例えば、ブチルボルネンとジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランとのコポリマー、デシルノルボルネンとジフェニルメチルノルボルネンメトキシシランとのコポリマー等が好ましい。

具体的には、以下のようなノルボルネン系樹脂を使用することが好ましい。

[0126] [化15]

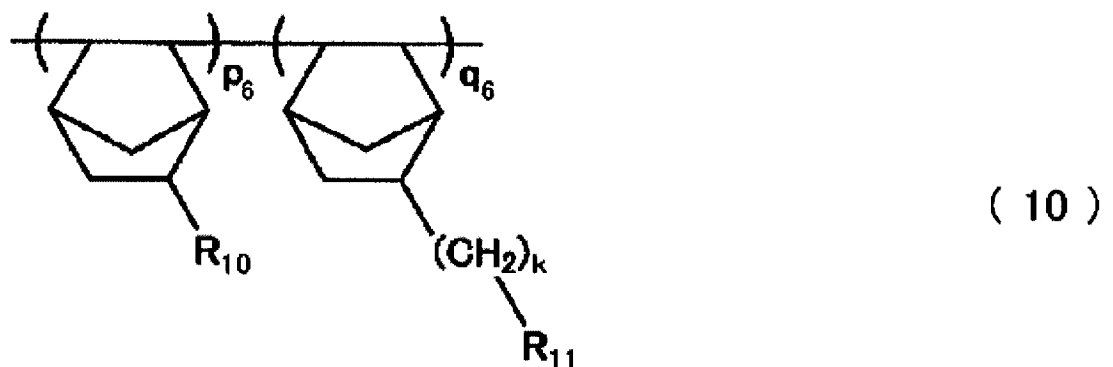


[式 (9) における  $R_7$ 、 $R_8$ 、 $p_5$ 、 $q_5$ 、 $i$  は、式 (8) と同じである。]

[0127] また、可撓性と耐熱性および屈折率制御の観点から、式 (8) において、 $R_7$  が炭素数 4 ～ 10 のアルキル基であり、 $X_1$  がメチレン基、 $X_2$  が炭素原子、 $A_r$  がフェニル基、 $R_8$  が水素原子、 $i$  が 0、 $j$  が 1 である化合物、例えば、ブチルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー、ヘキシルノルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー、デシルノルボルネンとフェニルエチルノルボルネンとのコポリマー等であってもよい。

さらに、ノルボルネン系樹脂として、次のようなものを使用してもよい。

[0128] [化16]



[式 (10) において、 $R_{10}$  は、炭素数 1 ～ 10 のアルキル基を表し、 $R_{11}$  は、アリール基を示し、 $k$  は 0 以上、4 以下である。 $p_6/q_6$  は 20 以下である。]

[0129] また、 $p_1/q_1 \sim p_3/q_3$ 、 $p_5/q_5$ 、 $p_6/q_6$ または $p_4/q_4 + r$ は、20以下であればよいが、15以下であるのが好ましく、0.1～10程度がより好ましい。これにより、複数種のノルボルネンの繰り返し単位を含む効果が如何なく発揮される。

[0130] 以上のようなノルボルネン系樹脂は、脱離性基を有するものであることが好ましい。ここで、脱離性基とは、酸の作用により離脱するものである。

具体的には、分子構造中に、 $-O-$ 構造、 $-Si-$ アリアル構造および $-O-Si-$ 構造のうちの少なくとも1つを有するものが好ましい。かかる酸脱離性基は、カチオンの作用により比較的容易に離脱する。

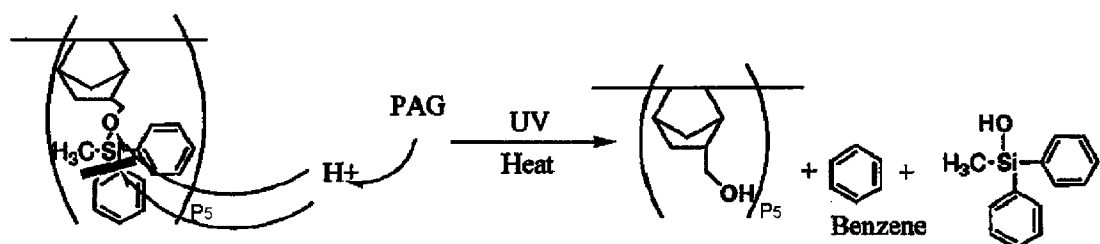
[0131] このうち、離脱により樹脂の屈折率に低下を生じさせる脱離性基としては、 $-Si-$ ジフェニル構造および $-O-Si-$ ジフェニル構造の少なくとも一方が好ましい。

例えば、式(8)で表されるノルボルネン系ポリマーの中で、 $X_1$ が酸素原子、 $X_2$ がシリコン原子、 $A_r$ がフェニル基であるものが脱離性基を有するものとなる。

また、式(3)においては、アルコキシシリル基の $-Si-O-X_3$ の部分で脱離する場合がある。

[0132] 例えば、式(9)のノルボルネン系樹脂を使用した場合、光酸発生剤(PAGと表記)から発生した酸により、以下のように反応が進むと推測される。なお、ここでは、脱離性基の部分のみを示し、また、 $i = 1$ の場合で説明している。

[0133] [化17]

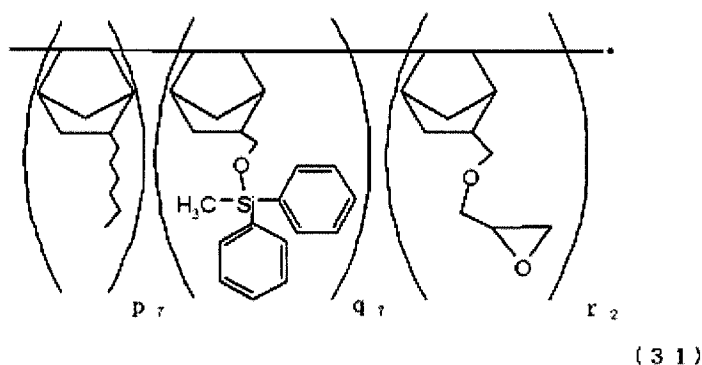


[0134] さらに、式(9)の構造に加えて、側鎖にエポキシ基を有するものであってもよい。このようなものを使用することで密着性に優れたフィルムが形成

可能という効果がある。

具体例として以下のようなものとなる。

[0135] [化18]



[式 ( 3 1 ) において、 $p_7 / q_7 + r_2$  は、20以下である。]

[0136] 式 ( 3 1 ) で示される化合物は、たとえば、ヘキシルノルボルネンと、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン（側鎖に $-\text{CH}_2-\text{O}-\text{Si}(\text{CH}_3)(\text{Ph})_2$ を含むノルボルネン）およびエポキシノルボルネンをトルエンに溶かし、Ni化合物を触媒に用いて溶液重合させることで得ることができる。

[0137] ( (B) 環状エーテル基を有するモノマー、環状エーテル基を有するオリゴマー )

次に、(B) の成分について説明する。

成分 (B) は、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうちの少なくとも一方である。この成分 (B) は、成分 (A) の樹脂と屈折率が異なり、かつ、成分 (A) の樹脂と相溶性のあるものであればよい。成分 (B) と、成分 (A) の樹脂との屈折率差は、0.01以上であることが好ましい。

なお、成分 (B) の屈折率は、成分 (A) の樹脂よりも高いものであってもよいが、成分 (B) は、成分 (A) の樹脂よりも屈折率が低いことが好ましい。

[0138] 成分 (B) の環状エーテル基を有するモノマー、環状エーテル基を有するオリゴマーは、酸の存在下において開環により重合するものである。モノマ

一、オリゴマーの拡散性を考慮すると、このモノマーの分子量（重量平均分子量）、オリゴマーの分子量（重量平均分子量）は、それぞれ１００以上、４００以下であることが好ましい。

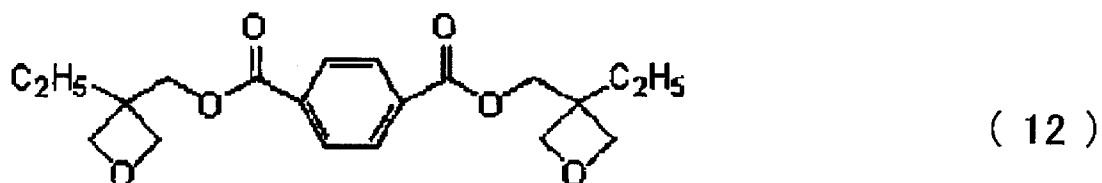
成分（Ｂ）は、たとえば、オキセタニル基あるいは、エポキシ基を有する。このような環状エーテル基は、酸により開環しやすいため、好ましい。

[0139] オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーとしては、下記式（１１）～（２０）の群から選ばれるものが好ましい。これらを使用することで波長８５０ｎｍ近傍での透明性に優れ、可撓性と耐熱性の両立が可能という利点がある。また、これらを単独でも混合して用いても差し支えない。

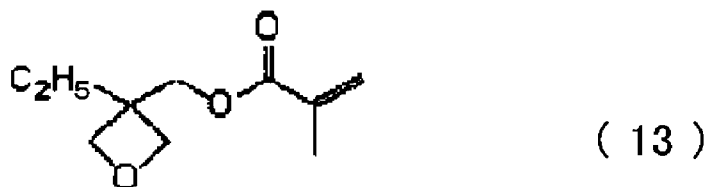
[0140] [化19]



[0141] [化20]



[0142] [化21]

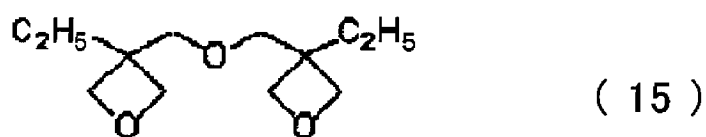


[0143] [化22]



[0144]

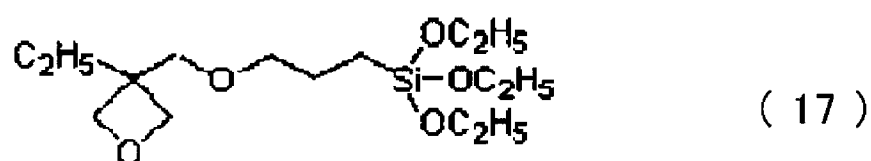
[化23]



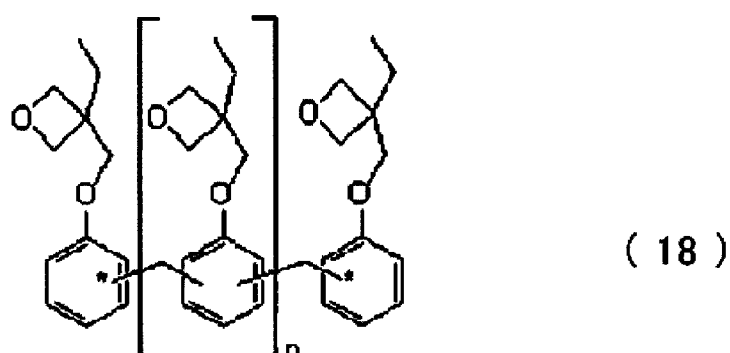
[0145] [化24]



[0146] [化25]

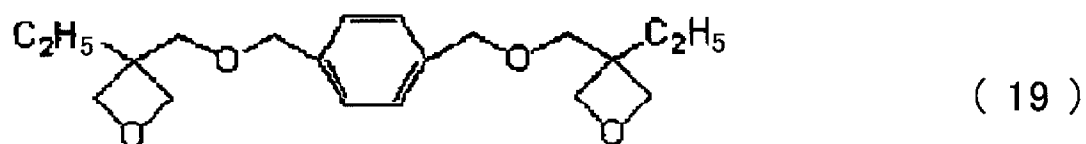


[0147] [化26]

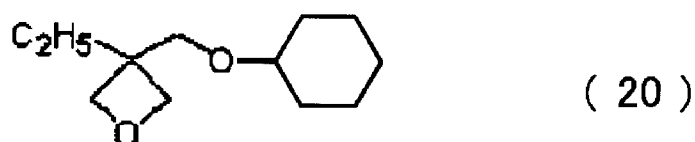


[式中、nは0以上、3以下である。]

[0148] [化27]



[0149] [化28]

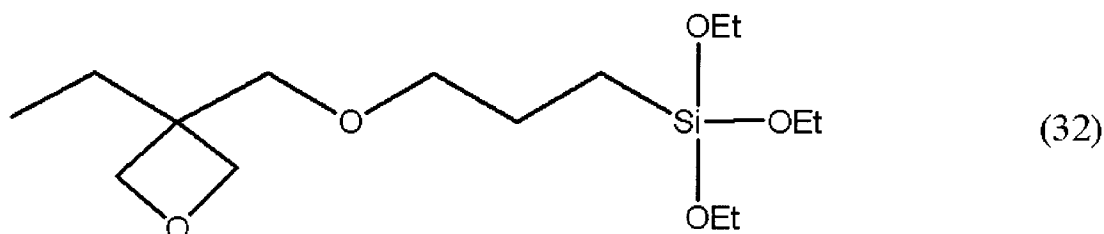


[0150] 以上のようなモノマーおよびオリゴマーのなかでも、成分（Ａ）の樹脂との屈折率差を確保する観点から式（１３）、（１５）、（１６）、（１７）、（２０）で表される化合物を使用することが好ましい。

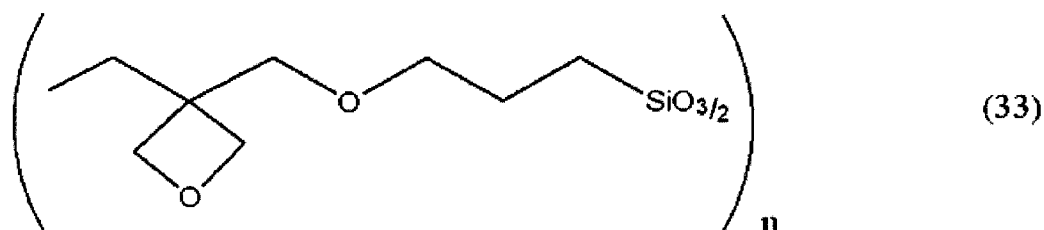
さらには、成分（Ａ）の樹脂との屈折率差がある点、分子量が小さく、モノマーの運動性が高い点、モノマーが容易に揮発しない点を考慮すると、式（２０）、式（１５）で表される化合物を使用することが特に好ましい。

また、オキセタニル基を有する化合物としては、以下の式（３２）、式（３３）で表される化合物を使用することができる。式（３２）で表される化合物としては、東亜合成製の商品名ＴＥＳＯＸ等、式（３３）で表される化合物としては、東亜合成製の商品名ＯＸ－ＳＱ等を使用することができる。

[0151] [化29]



[0152] [化30]



[式中、nは1または2である。]

[0153] また、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとしては、たとえば、以下のようなものがあげられる。このエポキシ基を有するモノマー、オリゴマーは、酸の存在下において開環により重合するものである。

エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとしては、以下の式（３４）～（３９）で表されるものを使用することができる。なか

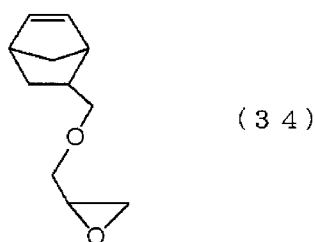
でも、エポキシ環のひずみエネルギーが大きく反応性に優れるという観点から式(36)～(39)で表される脂環式エポキシモノマーを使用することが好ましい。

なお、式(34)で表される化合物は、エポキシノルボルネンであり、このような化合物としては、たとえば、プロメラス社製 EpNBを使用することができる。式(35)で表される化合物は、 $\gamma$ -グリシドキシプロピルトリメトキシシランであり、この化合物としては、たとえば、東レ・ダウコーニング・シリコーン社製 Z-6040を使用することができる。また、式(36)で表される化合物は、2-(3,4-エポキシシクロヘキシル)エチルトリメトキシシランであり、この化合物としては、たとえば、東京化成製 E0327を使用することができる。

さらに、式(37)で表される化合物は、3,4-エポキシシクロヘキセニルメチルー3,'4'-エポキシシクロヘキセンカルボキシレートであり、この化合物としては、たとえば、ダイセル化学社製 セロキサイド2021Pを使用することができる。また、式(38)で表される化合物は、1,2-エポキシ-4-ビニルシクロヘキサンであり、この化合物としては、たとえば、ダイセル化学社製 セロキサイド2000を使用することができる。

さらに、式(39)で表される化合物は、1,2:8,9ジエポキシリモノンであり、この化合物としては、たとえば、(ダイセル化学社製 セロキサイド3000)を使用することができる。

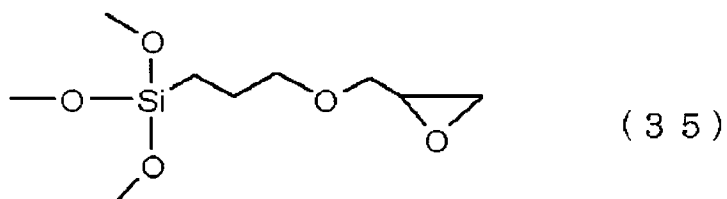
[0154] [化31]



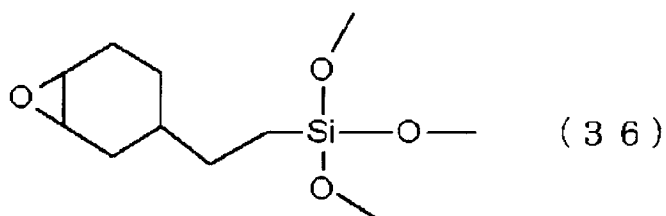
[0155]



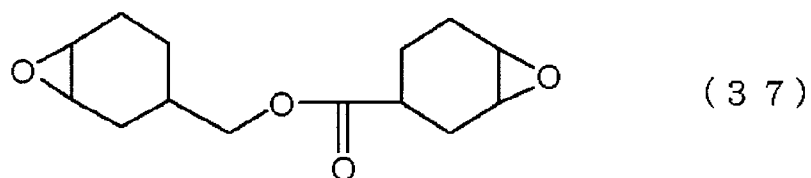
[化32]



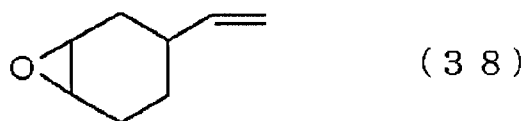
[0156] [化33]



[0157] [化34]



[0158] [化35]



[0159] [化36]



[0160] さらに、(B)の成分として、オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーと、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとが併用されていてもよい。

オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーは

重合を開始する開始反応が遅いが、生長反応が速い。これに対し、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーは、重合を開始する開始反応が速いが、生長反応が遅い。そのため、オキセタニル基を有するモノマー、オキセタニル基を有するオリゴマーと、エポキシ基を有するモノマー、エポキシ基を有するオリゴマーとを併用することで、活性放射線を照射した際に、光照射部分と、未照射部分との屈折率差を確実に生じさせることができる。

[0161] この（Ｂ）成分の添加量は、（Ａ）成分１００重量部に対し、１重量部以上、５０重量部以下であることが好ましく、２重量部以上、２０重量部以下であることがより好ましい。これにより、コア／クラッド間の屈折率変調を可能にし、可撓性と耐熱性との両立が図れるという効果がある。

[0162] （（Ｃ）光酸発生剤）

光酸発生剤としては、光（活性放射線）のエネルギーを吸収してブレンステッド酸あるいはルイス酸を生成するものであればよく、例えば、トリフェニルスルフォニウムトリフルオロメタンスルホネート、トリス（４－ｔ－ブチルフェニル）スルホニウムトリフルオロメタンスルホネートなどのスルホニウム塩類、ｐ－ニトロフェニルジアゾニウムヘキサフルオロホスフェートなどのジアゾニウム塩類、アンモニウム塩類、ホスホニウム塩類、ジフェニルヨードニウムトリフルオロメタンスルホネート、（トリキュミル）ヨードニウムテトラキス（ペンタフルオロフェニル）ボレートなどのヨードニウム塩類、キノンジアジド類、ビス（フェニルスルホニル）ジアゾメタンなどのジアゾメタン類、１－フェニルー１－（４－メチルフェニル）スルホニルオキシ－１－ベンゾイルメタン、Ｎ－ヒドロキシナフタルイミドトリフルオロメタンサルホネートなどのスルホン酸エステル類、ジフェニルジスルホンなどのジスルホン類、トリス（２，４，６－トリクロロメチル）－ｓ－トリアジン、２－（３，４－メチレンジオキシフェニル）－４，６－ビス－（トリクロロメチル）－ｓ－トリアジンなどのトリアジン類などの化合物を挙げることができる。これらの光酸発生剤は、単独、または複数を組み合わせ

せて使用することができる。

[0163] 光酸発生剤の含有量は、(A)成分100重量部に対し0.01重量部以上、0.3重量部以下であることが好ましく、0.02重量部以上、0.2重量部以下であることがより好ましい。これにより、反応性の向上という効果がある。

[0164] 感光性樹脂組成物は、以上の(A)、(B)、(C)の成分に加えて、増感剤、酸化防止剤等の添加剤を含有していてもよい。

増感剤は、活性放射線に対する光酸発生剤の感度を増大して、光酸発生剤の活性化(反応または分解)に要する時間やエネルギーを減少させる機能や、光酸発生剤の活性化に適する波長に活性放射線の波長を変化させる機能を有するものである。

このような増感剤としては、光酸発生剤の感度や増感剤の吸収のピーク波長に応じて適宜選択され、特に限定されないが、たとえば、9,10-ジブトキシアントラセン(CAS番号第76275-14-4番)のようなアントラセン類、キサントン類、アントラキノン類、フェナントレン類、クリセン類、ベンツピレン類、フルオラセン類(fluoranthenes)、ルブレン類、ピレン類、インダンスリール類、チオキサントレン-9-オン類(thioxanthene-9-ones)等が挙げられ、これらを単独または混合物として用いることができる。

[0165] 増感剤の具体例としては、例えば、2-イソプロピル-9H-チオキサントレン-9-オン、4-イソプロピル-9H-チオキサントレン-9-オン、1-クロロ-4-プロポキシチオキサントン、フェノチアジン(phenothiazine)またはこれらの混合物が挙げられる。

増感剤の含有量は、感光性樹脂組成物中で、0.01重量%以上であるのが好ましく、0.5重量%以上であるのがより好ましく、1重量%以上であるのがさらに好ましい。なお、上限値は、5重量%以下であるのが好ましい。

[0166] さらに、コア層形成用材料900中には、酸化防止剤を添加することがで

きる。これにより、望ましくないフリーラジカルの発生や、ポリマー 915 の自然酸化を防止することができる。その結果、得られたコア層 93（光導波路 9）の特性の向上を図ることができる。

[0167] この酸化防止剤としては、ニューヨーク州タリータウンの C i b a S p e c i a l t y C h e m i c a l s 社から入手可能な C i b a（登録商標、以下同様である。） I R G A N O X（登録商標、以下同様である。） 1076 および C i b a I R G A F O S（登録商標、以下同様である。） 168 が好適に用いられる。

[0168] また、他の酸化防止剤としては、例えば、C i b a I r g a n o x（登録商標、以下同様である。） 129、C i b a I r g a n o x 1330、C i b a I r g a n o x 1010、C i b a C y a n o x（登録商標、以下同様である。） 1790、C i b a I r g a n o x（登録商標） 3114、C i b a I r g a n o x 3125 等を用いることもできる。

[0169] なお、このような酸化防止剤は、例えば、フィルム 910 が酸化条件に曝されない場合や、される期間が極めて短い場合等には、省略することもできる。

[0170] 以上の感光性樹脂組成物のうち、成分（A）として側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂と、成分（C）の光酸発生剤と、成分（B）として上記式（100）に記載の第 1 モノマーと、を含む感光性樹脂組成物が特に好ましい。

[0171] 以下、特に好ましいこの感光性樹脂組成物について説明する。

[0172] 前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂を構成する環状オレフィン樹脂（A）としては、前述したようなものを使用できるが、例えばシクロヘキセン、シクロオクテン等の単環体モノマーの重合体、ノルボルネン、ノルボルナジエン、ジシクロペンタジエン、ジヒドロジシクロペンタジエン、テトラシクロドデセン、トリシクロペンタジエン、ジヒドロトリシクロペンタジエン、テトラシクロペンタジエン、ジヒドロテトラシクロペンタジエン

等の多環体モノマーの重合体等が挙げられる。これらの中でも多環体モノマーの重合体の中から選ばれる１種以上の環状オレフィン樹脂が好ましく用いられる。これにより、樹脂の耐熱性を向上することができる。

[0173] なお、重合形態としては、ランダム重合、ブロック重合等の公知の形態を適用することができる。例えばノルボルネン型モノマーの重合の具体例としては、ノルボルネン型モノマーの（共）重合体、ノルボルネン型モノマーと $\alpha$ -オレフィン類などの共重合可能な他のモノマーとの共重合体、およびこれらの共重合体の水素添加物などが具体例に該当する。これら環状オレフィン樹脂は、公知の重合法により製造することが可能であり、その重合方法には付加重合法と開環重合法とがあり、前述の中でも付加重合法で得られる環状オレフィン樹脂（特にノルボルネン系樹脂）が好ましい（すなわち、ノルボルネン系化合物の付加重合体）。これにより、透明性、耐熱性および可撓性に優れる。

[0174] 前記脱離性基としては、光酸発生剤から発生する酸（ $H^+$ ）の作用により分子の一部が切断されて離脱するものである。具体的には、分子構造中（側鎖）に、前述したような $-O-$ 構造、 $-Si-$ アリール構造および $-O-Si-$ 構造のうちの少なくとも１つを有するものが好ましい。上述したような脱離性基は、酸（ $H^+$ ）の作用により比較的容易に離脱する。

上述した脱離性基の中でも離脱により樹脂の屈折率に低下を生じさせる脱離性基としては、 $-Si-$ ジフェニル構造および $-O-Si-$ ジフェニル構造の少なくとも一方が好ましい。

前記脱離性基の含有量は、特に限定されないが、前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂中の１０～８０重量％であるのが好ましく、特に２０～６０重量％であるのがより好ましい。含有量が前記範囲内であると、特に可撓性と屈折率変調機能（屈折率差を大きくする効果）との両立に優れる。

[0175] このような側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂としては、上記式（１０１）および／または上記式（１０２）で示される繰り返し単位を有す

るものが好ましい。これにより、樹脂の屈折率を高くすることができる。

[0176] 前記感光性樹脂組成物は、上記式（１００）に記載のモノマー（以下、第１モノマーという）を含む。これにより、さらに左右のコア／クラッド間の屈折率差を拡大することができる。

[0177] 第１モノマーの含有量は、特に限定されないが、前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂１００重量部に対して１重量部以上、５０重量部以下であることが好ましく、特に２重量部以上、２０重量部以下であることが好ましい。これにより、コア／クラッド間の屈折率変調を可能にし、可撓性と耐熱性との両立が図られる。

[0178] このように、上述した第１モノマーを側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン樹脂と併用した場合に、コア／クラッド間の屈折率変調と、可撓性とのバランスに優れることの理由は、以下の通りと考えられる。

まず、以上のような感光性樹脂組成物を用いた場合に、コア／クラッド間の屈折率変調に優れるのは、活性放射線照射等によって発生した酸により、第１モノマーが重合反応を開始するとき、第１モノマーがその反応性に優れているからである。第１モノマーの反応性が優れていると、第１モノマーの硬化性が高くなり、第１モノマーの濃度勾配によって生じる第１モノマーの拡散性が向上する。それによって、活性放射線照射領域と、未照射領域との屈折率差を大きくすることができる。

また、第１モノマーは一官能であるために、重合反応が進行して感光性樹脂組成物としての架橋密度はそれほど高くはならない。そのため、可撓性にも優れている。

[0179] 前記感光性樹脂組成物は、特に限定されないが、前記第１モノマーと異なる第２モノマーを含んでいてもよい。なお、前記第１モノマーと異なる第２モノマーとは、構造が異なるモノマーでもよく、分子量が異なるモノマーでもよい。

なかでも、第２モノマーは、成分（Ｂ）として含まれており、例えばエポキシ化合物、式（１００）で示されるものと異なる他のオキセタン化合物、

ビニルエーテル化合物等が挙げられる。これらの中でもエポキシ化合物（特に脂環式エポキシ化合物）および2官能のオキセタン化合物（オキセタニル基を2つ有するモノマー）の少なくとも1種が好ましい。これにより、前記第1モノマーと前記環状オレフィン樹脂との反応性を向上させることができ、それによって透明性を保持しつつ、導波路の耐熱性を向上させることができる。

第2モノマーとしては、具体的には、上記式（15）の化合物、上記式（12）の化合物、上記式（11）の化合物、上記式（18）の化合物、上記式（19）の化合物、上記式（34）～（39）の化合物が挙げられる。

[0180] 前記第2モノマーの含有量は、特に限定されないが、前記環状オレフィン樹脂100重量部に対して1重量部以上、50重量部以下であることが好ましく、特に2重量部以上、20重量部以下であることがより好ましい。これにより、前記第1モノマーとの反応性を向上させることができる。

[0181] また、前記第2モノマーと前記第1モノマーとの併用割合も特に限定されないが、重量比（前記第2モノマーの重量／前記第1モノマーの重量）で、0.1～1が好ましく、特に0.1～0.6が好ましい。併用割合が前記範囲内であると、反応性の速さと導波路の耐熱性とのバランスに優れる。

[0182] 光酸発生剤の含有量は、特に限定されないが、前記側鎖に脱離性基を有する環状オレフィン系樹脂100重量部に対して0.01重量部以上、0.3重量部以下であることが好ましく、特に0.02重量部以上、0.2重量部以下であることがより好ましい。含有量が下限値未満であると反応性が低下する場合があります、前記上限値を超えると光導波路に着色が生じて光損失が低下する場合があります。

[0183] 前記感光性樹脂組成物は、上述した環状オレフィン系樹脂、光酸発生剤、第1モノマーおよび第2モノマー以外に、硬化触媒、酸化防止剤等を含んでもよい。

また、上述した感光性樹脂組成物は、コア部94の形成用の組成物として用いることができる。

[0184] (光導波路の製造方法)

図 9、10、11 は、それぞれ、光導波路の製造方法の工程例を模式的に示す断面図である。

ここでは、成分 (B) が成分 (A) の環状オレフィン樹脂よりも屈折率が低いものである場合の感光性樹脂組成物を用いて光導波路を製造する方法を例にして説明する。

[0185] まず、図 9 (A) に示すように、感光性樹脂組成物を溶媒に溶かしてワニス 900 を調製し、このワニス 900 をクラッド層 91 上に塗布する。

感光性樹脂組成物をワニス状に調製する溶媒としては、たとえば、ジエチルエーテル、ジイソプロピルエーテル、1, 2-ジメトキシエタン (DME)、1, 4-ジオキサン、テトラヒドロフラン (THF)、テトラヒドロピラン (THP)、アニソール、ジエチレングリコールジメチルエーテル (ジグリム)、ジエチレングリコールエチルエーテル (カルビトール) などのエーテル系溶媒、メチルセロソルブ、エチルセロソルブ、フェニルセロソルブなどのセロソルブ系溶媒、ヘキサン、ペンタン、ヘプタン、シクロヘキサンなどの脂肪族炭化水素系溶媒、トルエン、キシレン、ベンゼン、メシチレンなどの芳香族炭化水素系溶媒、ピリジン、ピラジン、フラン、ピロール、チオフェン、メチルピロリドンなどの芳香族複素環化合物系溶媒、N, N-ジメチルホルムアミド (DMF)、N, N-ジメチルアセトアミド (DMA) などのアミド系溶媒、ジクロロメタン、クロロホルム、1, 2-ジクロロエタンなどのハロゲン化合物系溶媒、酢酸エチル、酢酸メチル、ギ酸エチルなどのエステル系溶媒、ジメチルスルホキシド (DMSO)、スルホランなどの硫黄化合物系溶媒の各種有機溶媒、または、これらを含む混合溶媒が挙げられる。

[0186] 次に、光導波路 9 のクラッド層 91 上にワニス 900 を塗布した後、乾燥させて、溶媒を蒸発 (脱溶媒) させる。これにより、図 9 (B) に示すように、ワニス 900 は、光導波路形成用のフィルム 910 となる。このフィルム 910 は、後述する活性放射線の照射により、コア部 94 とクラッド部 9



5とが形成されたコア層93となる。

ここで、ワニス900を塗布する方法としては、たとえば、ドクターブレード法、スピコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アプリケーション法、カーテンコート法、ダイコート法の方法が挙げられるが、これらに限定されるわけではない。クラッド層91としては、たとえば、後述するコア部94よりも屈折率が低いシートが使用され、たとえば、ノルボルネン系樹脂と、エポキシ樹脂とを含むシートが使用される。

[0187] 次に、フィルム910に対し、選択的に活性放射線（たとえば、紫外線）を照射する。

この際、図10（A）に示すように、フィルム910の上方に開口が形成されたマスクMを配置する。このマスクMの開口を介して、フィルム910に対し、活性放射線を照射する。

用いられる活性放射線としては、例えば、波長200～450nmの範囲にピーク波長を有するものが挙げられる。これにより、光酸発生剤の組成にもよるが、光酸発生剤を比較的容易に活性化させることができる。

[0188] 前記マスクMの構成材料としては、照射する活性放射線により適宜選定される。具体的には、マスクMの構成材料としては、前記フィルム910に照射する活性放射線を遮光し得る材料とされる。このような特性を有するものであれば、マスクMの材料自体は、公知のいずれのものも使用することができる。

[0189] マスクMは、予め形成（別途形成）されたもの（例えばプレート状のもの）でも、フィルム910上に例えば気相成膜法や塗布法により形成されたものでもよい。

[0190] マスクMとして好ましいものの例としては、石英ガラスやPET基材等で作製されたフォトマスク、ステンシルマスク、気相成膜法（蒸着、スパッタリング等）により形成された金属薄膜等が挙げられるが、これらの中でもフォトマスクやステンシルマスクを用いるのが特に好ましい。微細なパターンを精度良く形成できるとともに、ハンドリングがし易く、生産性

の向上に有利であるからである。

- [0191] また、活性放射線の照射量は、特に限定されないが、 $0.1 \sim 9 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのが好ましく、 $0.2 \sim 6 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがより好ましく、 $0.2 \sim 3 \text{ J/cm}^2$ 程度であるのがさらに好ましい。

なお、レーザー光のように指向性の高い活性放射線を用いる場合には、マスクMの使用を省略することもできる。

- [0192] フィルム910のうち、活性放射線が照射された領域では、光酸発生剤から酸が発生することとなる。発生した酸により、成分(B)が重合する。

活性放射線が照射されていない領域では、光酸発生剤から酸が発生しないため、成分(B)は重合しない。照射部分では、成分(B)が重合しポリマーとなるため、成分(B)量が少なくなる。これに応じて、未照射部分の成分(B)が照射部分に拡散し、これにより、照射部分と未照射部分とで屈折率差が生じる。

ここで、成分(B)が、環状オレフィン樹脂よりも屈折率が低い場合には、未照射部分の成分(B)が照射部分に拡散することで、未照射部分の屈折率が高くなるとともに、照射部分の屈折率は低くなる。

なお、成分(B)が重合したポリマーと、環状エーテル基を有するモノマーとの屈折率差は、0以上、 $0.001$ 以下程度であり、屈折率は略同じであると考えられる。

- [0193] このように上述した感光性樹脂組成物を使用した場合には、光酸発生剤から発生する酸により、成分(B)の重合を開始させることが可能である。

- [0194] さらに、本発明に用いられる環状オレフィン樹脂は必ずしも脱離性基を有していなくてもよいが、成分(A)として、脱離性基を有する環状オレフィン樹脂を使用している場合には、以下の作用が生じる。

活性放射線を照射した部分では、光酸発生剤から発生した酸により、環状オレフィン樹脂の脱離性基が脱離することとなる。 $-\text{Si}-$ アリール構造、 $-\text{Si}-$ ジフェニル構造および $-\text{O}-\text{Si}-$ ジフェニル構造等の脱離性基の場合、離脱により樹脂の屈折率が低下することとなる。そのため、照射部分

の屈折率は脱離性基の脱離前に比べてさらに低下することとなる。

[0195] 次に、フィルム 910 を加熱する。この加熱工程において、活性放射線を照射した照射部分の成分 (B) がさらに重合する。一方で、この加熱工程において、未照射部分の成分 (B) は揮発することとなる。これにより、未照射部分では、成分 (B) が少なくなり、環状オレフィン樹脂に近い屈折率となる。

このフィルム 910 においては、図 10 (B) に示すように、活性放射線が照射された領域がクラッド部 95 となり、未照射領域がコア部 94 となる。コア部 94 における前記成分 (B) 由来の構造体濃度と、クラッド部 95 における前記成分 (B) 由来の構造体濃度とが異なる。具体的には、コア部 94 における成分 (B) 由来の構造体濃度は、クラッド部 95 における成分 (B) 由来の構造体濃度より低い。

また、クラッド部 95 は、コア部 94 よりも屈折率が低くなり、クラッド部 95 とコア部 94 との屈折率差は、0.01 以上となる。以上のようにして、フィルム 910 には、コア部 94 とクラッド部 95 とが形成され、コア層 93 が得られる。

[0196] この加熱工程における加熱温度は、特に限定されないが、30～180℃程度であるのが好ましく、40～160℃程度であるのがより好ましい。

また、加熱時間は、活性放射線を照射した照射部分の成分 (B) の重合反応がほぼ完了するように設定するのが好ましく、具体的には、0.1～2時間程度であるのが好ましく、0.1～1時間程度であるのがより好ましい。

[0197] その後、このコア層 93 上に、クラッド層 91 と同様のフィルムを貼り付ける。このフィルムがクラッド層 96 となる。一対のクラッド層 91、96 は、クラッド部 95 とは異なる方向から、コア部 94 を挟むように配置されることとなる。

なお、クラッド層 94 は、フィルム状のものを貼り付けるのではなく、コア層 93 上に液状材料を塗布し硬化 (固化) させる方法によっても形成することができる。

また、図 7 に示すようなコア層積層部を有する光導波路構造体を作製する際には、クラッド層 9 6 に代わり、コア層 9 3 をさらに積層する。コア層 9 3 の積層方法は、上述したようなコア層 9 3 の形成方法を繰り返して積層しても良いし、別の基材上に作製したフィルム状のコア層を所望の枚数積層しても良い。また、これらの方法を組み合わせても良い。

[0198] クラッド層 9 1 (9 6) の形成方法としては、クラッド材を含むワニス (クラッド層形成用材料) を塗布し硬化 (固化) させる方法、硬化性を有するモノマー組成物を塗布し硬化 (固化) させる方法等、いかなる方法でもよい。

[0199] クラッド層 9 1 (9 6) を塗布法で形成する場合、例えば、スピンコート法、ディッピング法、テーブルコート法、スプレー法、アプリーケーター法、カーテンコート法、ダイコート法等の方法が挙げられる。

[0200] クラッド層 9 1 (9 6) の構成材料としては、例えば、アクリル系樹脂、メタクリル系樹脂、ポリカーボネート、ポリスチレン、エポキシ樹脂、ポリアミド、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、ベンゾシクロブテン系樹脂やノルボルネン系樹脂等の環状オレフィン系樹脂等が挙げられ、これらのうちの 1 種または 2 種以上を組み合わせ (ポリマーアロイ、ポリマーブレンド (混合物)、共重合体、複合体 (積層体) など) 用いることができる。

[0201] これらのうち、特に耐熱性に優れるという点で、エポキシ樹脂、ポリイミド、ポリベンゾオキサゾール、ベンゾシクロブテン系樹脂やノルボルネン系樹脂等の環状オレフィン系樹脂、またはそれらを含むもの (主とするもの) を用いるのが好ましく、特に、ノルボルネン系樹脂 (ノルボルネン系ポリマー) を主とするものが好ましい。

[0202] ノルボルネン系ポリマーは、耐熱性に優れるため、これをクラッド層 9 1 (9 6) の構成材料として使用する光導波路 9 では、光導波路 9 に導体層を形成する際、導体層を加工して配線を形成する際、光学素子を実装する等に加熱されたとしても、クラッド層 9 1 (9 6) が軟化して、変形するのを防止することができる。

- [0203] また、高い疎水性を有するため、吸水による寸法変化等を生じ難いクラッド層 9 1 ( 9 6 ) を得ることができる。
- [0204] また、ノルボルネン系ポリマーまたはその原料であるノルボルネン系モノマーは、比較的安価であり、入手が容易であることから好ましい。
- [0205] さらに、クラッド層 9 1 ( 9 6 ) の材料として、ノルボルネン系ポリマーを主とするものを用いると、曲げ等の変形に対する耐性に優れ、繰り返し湾曲変形した場合でも、クラッド層 9 1、9 6 とコア層 9 3 との層間剥離が生じ難く、クラッド層 9 1、9 6 の内部にマイクロクラックが発生することも防止される。しかも、コア層 9 3 の構成材料として好適に用いられる材料と同種となるため、コア層 9 3 との密着性がさらに高いものとなり、クラッド層 9 1 ( 9 6 ) とコア層 9 3 との間での層間剥離を防止することができる。このようなことから、光導波路 9 の光伝送性能が維持され、耐久性に優れた光導波路 9 が得られる。
- [0206] クラッド層 9 1、9 6 の平均厚さは、コア層 9 3 の平均厚さの 0. 1 ~ 1. 5 倍程度であるのが好ましく、0. 3 ~ 1. 2 5 倍程度であるのがより好ましく、具体的には、クラッド層 9 1、9 6 の平均厚さは、特に限定されないが、それぞれ、通常、1 ~ 2 0 0  $\mu\text{m}$  程度であるのが好ましく、5 ~ 1 0 0  $\mu\text{m}$  程度であるのがより好ましく、1 0 ~ 6 0  $\mu\text{m}$  程度であるのがさらに好ましい。これにより、光導波路 9 が不要に大型化（圧膜化）するのを防止しつつ、クラッド層としての機能が好適に発揮される。
- [0207] 以上の工程により、図 1 1 に示す光導波路 9 が得られる。
- また、本発明において用いる感光性樹脂組成物により光導波路 9 を得た場合には、特に半田耐リフロー性に優れる。さらに、光導波路 9 を曲げた場合であっても光損失を少なくすることができる。
- [0208] なお、上記の説明では、クラッド層 9 1 上に直接、感光性樹脂組成物を供給し、フィルム 9 1 0 ( コア層 9 3 ) を形成する場合について説明したが、別の基材上にフィルム 9 1 0 ( コア層 9 3 ) を形成した後、得られたコア層 9 3 をクラッド層 9 1 またはクラッド層 9 6 上に転写し、その後、コア層 9

3を介してクラッド層91とクラッド層96とを重ね合わせるようにしてもよい。

前記基板には、例えば、シリコン基板、二酸化ケイ素基板、ガラス基板、石英基板、ポリエチレンテレフタレート（PET）フィルム等が用いられる。

[0209] 次に、本実施形態の作用効果について説明する。

本実施形態において用いる感光性樹脂組成物に光を当てると、光酸発生剤から酸が発生し、照射部分のみにおいて、成分（B）が重合されることとなる。そうすると、照射部分における成分（B）の量が少なくなるため、未照射部分の成分（B）が照射部分に拡散し、これにより、照射部分と未照射部分とで屈折率差が生じる。具体的には、本実施形態では、ベースポリマーとして、成分（B）よりも屈折率が高い置換または無置換の環状オレフィン樹脂を使用しているため、未照射部分の成分（B）が照射部分に拡散することで、未照射部分の屈折率が、照射部分の屈折率よりも高くなる。

[0210] これに加え、活性放射線照射後、感光性樹脂組成物の加熱を行うと、未照射部分から成分（B）が揮発する。これにより、照射部分と未照射部分とでさらに屈折率差が生じる。

このように感光性樹脂組成物を使用することで、照射部分と未照射部分とで確実に屈折率差を形成することができる。また、本発明によれば、単に活性放射線を照射するという簡単な方法でコア部をパターンニングすることができる。例えば、フォトマスク等の露光パターンを適宜選択することにより、どのような形状や配置の光路（コア部）でも形成することができ、また、細い光路でもシャープに形成することができるので、回路の集積化に寄与し、デバイスの小型化が図られる。すなわち、本発明によれば、コア部のパターン形状の設計の自由度が広く、しかも寸法精度の高いコア部が得られる。

[0211] なお、従来、オキセタニル基等を有するノルボルネン系樹脂を、熱酸発生剤により架橋させる技術が知られている。しかしながら、このような技術に用いられる組成物は、ベースポリマーとして、オキセタニル基等を有するノ

ルボルネン系樹脂を含有する。そして、組成物全体を加熱させ、組成物全体において架橋構造を生じさせるものである。そのため、従来用いられていたこの組成物には、選択的に活性放射線を照射し、酸を発生させることで、選択的に重合を生じさせ、モノマー濃度が少なくなった領域にモノマーが拡散して、濃度差ができるという技術的思想は全くない。

これに対し、本実施形態において用いる感光性樹脂組成物は、選択的に活性放射線を照射すると、酸の発生により照射部分における成分（Ｂ）の量が少なくなるため、未照射部分の成分（Ｂ）が照射部分に拡散し、これにより、照射部分と未照射部分とで屈折率差が生じることを見出したものである。

[0212] また、環状オレフィン樹脂を、光酸発生剤から発生する酸により脱離し、脱離により、成分（Ａ）の環状オレフィン樹脂の屈折率を低下させる脱離性基を有するものとした場合には、活性放射線を照射した領域の屈折率を、未照射領域に比べ確実に低下させることができる。

一方で、環状オレフィン樹脂を脱離性基を有しないものとした場合には、側鎖が化学的に安定となるため、活性放射線照射や、加熱等の条件により、コア部、クラッド部の屈折率変動してしまうことを抑制できる。

[0213] さらに、本実施形態では、成分（Ａ）としてノルボルネン系樹脂を使用している。これにより、特定波長における光透過性を確実に高めることができ、伝搬損失の低減を確実に図ることができる。

また、クラッド部 95 は、コア部 94 よりも屈折率が低く、クラッド部 95 とコア部 94 との屈折率差を 0.01 以上とすることで、確実に光をコア部 94 に閉じ込めることができ、光の伝搬損失の発生を抑制できる。

[0214] 一方、従来、光導波路形成用の組成物として、ポリマー、モノマー、助触媒および触媒前駆体を含むものが知られている。

このうち、モノマーは、活性放射線の照射により反応物を形成し、活性放射線を照射した領域の屈折率を、未照射領域の屈折率と異ならせ得るものである。

また、触媒前駆体は、モノマーの反応（重合反応、架橋反応等）を開始さ

せ得る物質であり、活性放射線の照射により活性化した助触媒の作用により、活性化温度が変化する物質である。この活性化温度の変化により、活性放射線の照射領域と未照射領域との間で、モノマーの反応を開始させる温度が異なり、その結果、照射領域のみにおいて反応物を形成させることができる。

[0215] これに対し、本実施形態において用いる感光性樹脂組成物は、このような多量の金属元素を含む物質を必要としない。このため、上述したような伝搬損失の増加が防止され、伝搬効率に優れかつ耐熱性に優れた光導波路 9 が得られる。

このような従来の組成物を用いた場合でも活性放射線照射によりコア部とクラッド部とを作り分けることができるが、本実施形態に用いられる感光性樹脂組成物によれば、コア部 9 4 とクラッド部 9 5 との屈折率差をより拡大するとともに、耐熱性が向上するため、より信頼性の高い光導波路 9 が得られる。これは主に、成分 (A) および成分 (B) の組成を最適化したことによるものである。

[0216] このような感光性樹脂組成物を使用することで、本発明は、光の伝搬損失の発生が抑制された光導波路フィルム等を提供することができる。なかでも、湾曲した光導波路を形成した場合において、光の伝搬損失の発生を顕著に抑制することができる。

[0217] 図 7 に示す構成を製造する場合、上述した方法により複数のコア層 9 3 を作製しておき、これらを重ねて接合（圧着）することによりコア層積層部 9 2 を得る。この場合、各コア層 9 3 におけるコア部 9 4 のパターンは、各コア層 9 3 を所望の順序で積層したとき、予め設計された 3 次元方向の光路パターンを形成し得るものとされる。

[0218] また、コア層積層部 9 2 の上面および下面にそれぞれ前述したクラッド層 9 1 を接合し（圧着）することにより、図 7 に示す構成が完成する。他の方法として、図 6 中下部のクラッド層 9 1 に複数のコア層 9 3 を順次積層（接合）し、最後に図 6 中上部のクラッド層 9 1 を接合（圧着）してもよい。



- [0219] 図6に示す構成を製造する場合、上述した方法により複数の光導波路（積層体90）を作製しておき、これらを重ねて接合（圧着）する。この場合、各積層体90のコア層93におけるコア部94のパターンは、各積層体90を所望の順序で積層したとき、予め設計された3次元方向の光路パターンを形成し得るものとされる。
- [0220] また、図5に示す構成を製造する場合、例えば次の3つの方法が可能である。まず第1の方法としては、1つの光導波路（積層体90）を作製し、その上にコア層93、クラッド層91をこの順に繰り返し積層し、これらを圧着する方法が挙げられる。第2の方法としては、2つの光導波路（積層体90）を作製し、該光導波路（積層体90）間にコア層93を介挿して、これらを圧着し一体化する方法が挙げられる。第3の方法としては、クラッド層91とコア層93とを積層した2層積層体を複数組作製し、各々の2層積層体を所望の順序で積層し、圧着する方法が挙げられる。第4の方法としては、各クラッド層91およびコア層93のそれぞれを1層ずつ作製し、これらを所望の順序で積層し、圧着する方法が挙げられる。
- [0221] 以上のような光導波路本体（光導波路）2の製造方法において、各コア層93におけるコア部94のパターンは、各クラッド層91およびコア層91を所望の順序で積層したとき、予め設計された3次元方向の光路パターンを形成し得るものとされる。
- [0222] また、以上のような製造方法によれば、簡単な処理で、しかも短時間に、所望の形状を有し、かつ、寸法精度の高いコア部94を有する光導波路を得ることができる。
- [0223] なお、本発明において、光導波路構造体の基本構造、層構成、各部の形状、数、配置等は、図示のものに限定されないことは言うまでもない。
- [0224] また、前記各実施形態において、素子として、発光素子61ないし65を備える構成について説明したが、1つ以上の受光素子を備える構成であってもよく、あるいは1つ以上の発光素子と1つ以上の受光素子とを備える構成であってもよい。もちろん、発光素子と受光素子の組を2組以上有する構成

であってもよい。

- [0225] 以上、本発明を図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を発揮し得る任意の構成と置換することができ、また、任意の構成が付加されていてもよい。

## 実施例

- [0226] 次に、本発明の実施例について説明する。

- [0227] A. 光導波路の製造

(実施例 1)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

水分および酸素濃度がいずれも 1 ppm 以下に制御され、乾燥窒素で充満されたグローブボックス中において、ヘキシルノルボルネン (HxNB) 7.2 g (40.1 mmol)、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン 12.9 g (40.1 mmol) を 500 mL バイアル瓶に計量し、脱水トルエン 60 g と酢酸エチル 11 g を加え、シリコン製のシーラーを被せて上部を密栓した。

次に、100 mL バイアルビン中に下記化学式 (B) で表わされる Ni 触媒 1.56 g (3.2 mmol) と脱水トルエン 10 mL を計量し、スターラーチップを入れて密栓し、触媒を十分に攪拌して完全に溶解させた。

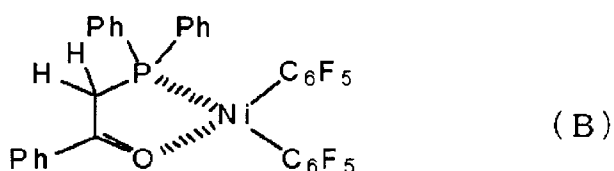
この下記化学式 (B) で表わされる Ni 触媒溶液 1 mL をシリンジで正確に計量し、上記 2 種のノルボルネンを溶解させたバイアル瓶中に定量的に注入し室温で 1 時間攪拌したところ、著しい粘度上昇が確認された。この時点で栓を抜き、テトラヒドロフラン (THF) 60 g を加えて攪拌を行い、反応溶液を得た。

100 mL ビーカーに無水酢酸 9.5 g、過酸化水素水 18 g (濃度 30%)、イオン交換水 30 g を加えて攪拌し、その場で過酢酸水溶液を調製した。次にこの水溶液全量を上記反応溶液に加えて 12 時間攪拌して Ni の還元処理を行った。

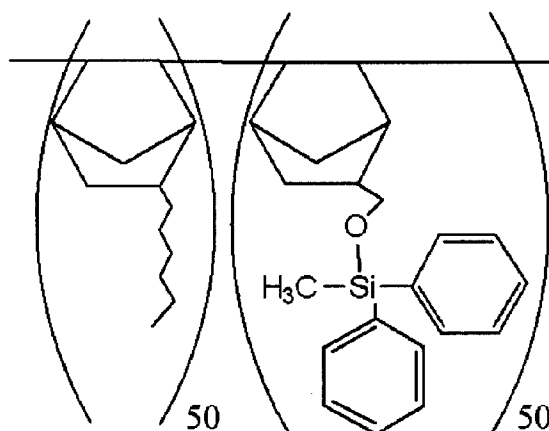
次に、処理の完了した反応溶液を分液ロートに移し替え、下部の水層を除

去した後、イソプロピルアルコールの30%水溶液を100mL加えて激しく攪拌を行った。静置して完全に二層分離が行われた後で水層を除去した。この水洗プロセスを合計で3回繰り返した後、油層を大過剰のアセトン中に滴下して生成したポリマーを再沈殿させ、ろ過によりろ液と分別した後、60°Cに設定した真空乾燥機中で12時間加熱乾燥を行うことにより、ポリマー#1を得た。ポリマー#1の分子量分布は、GPC測定によると、 $M_w = 10$ 万、 $M_n = 4$ 万であった。また、ポリマー#1中の各構造単位のリモル比は、NMRによる同定によると、ヘキシルルボルネン構造単位が50mol%、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン構造単位が50mol%であった。またメトリコンによる屈折率は1.55（測定波長；633nm）であった。

[0228] [化37]



[0229] [化38]



ポリマー#1

[0230] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40g、酸化防止剤Irganox 1076（チバガイギ

一社製) 0.01 g、シクロヘキシルオキセタンモノマー (式 20 (式 100) で示した第 1 モノマー、東亜合成製 CHOX、CAS# 483303-25-9、分子量 186、沸点 125°C/1.33 kPa) 2 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia 社製、CAS# 178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0.1 mL 中) を加え均一に溶解させた後、0.2  $\mu$ m の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V1 を得た。

[0231] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

シリコンウエハ上に感光性ノルボルネン樹脂組成物 (プロメラス社製 Avatre 12000P ワニス) をドクターブレードにより均一に塗布した後、45°C の乾燥機に 15 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、塗布された全面に紫外線を 100 mJ 照射し、乾燥機中 120°C で 1 時間加熱して、塗膜を硬化させて、下側クラッド層を形成させた。形成された下側クラッド層は、厚みが 20  $\mu$ m であり、無色透明であり、屈折率は 1.52 (測定波長; 633 nm) であった。

[0232] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V1 をドクターブレードによって均一に塗布した後、45°C の乾燥機に 15 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を 500 mJ/cm<sup>2</sup> で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中 45°C で 30 分、85°C で 30 分、150°C で 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

[0233] (上側クラッド層の形成)

ポリエーテルスルホン (PES) フィルム上に、予め乾燥厚み 20  $\mu$ m になるように Avatre 12000P を積層させたドライフィルムを、上記コア層に貼り合わせ、140°C に設定された真空ラミネーターに投入して熱

圧着を行った。その後、紫外線を100mJ全面照射し乾燥機中120℃で1時間加熱して、A v a t r e l 2000Pを硬化させて、上側クラッド層を形成させ、光導波路を得た。このとき、上側クラッド層は、無色透明であり、その屈折率は1.52であった。

[0234] (4) 評価

(光導波路の損失評価)

850nmVCSEL(面発光レーザー)より発せられた光を50μmφの光ファイバーを経由して上記光導波路に導入し、200μmφの光ファイバーで受光を行って光の強度を測定した。なお、測定にはカットバック法を採用した。光導波路の長手方向を横軸にとり、挿入損失を縦軸にプロットしていったところ、測定値はきれいに直線上に並び、その傾きから伝搬損失は0.03dB/cmと算出することができた。

[0235] (コア部とクラッド部との屈折率差)

上記(コア層の形成)で形成した、水平方向に隣接する左右のコア部ークラッド部間の屈折率差は、次のように求めた。

カナダ国 EXFO社製 Optical waveguide analyzer OWA-9500により波長656nmのレーザー光を光導波路に照射し、コア領域およびクラッド領域の屈折率をそれぞれ実測して、それらの差を算出した。その結果、屈折率差は0.02であった。

[0236] (実施例2)

(1) 脱離性基を有しないノルボルネン系樹脂の合成

水分および酸素濃度がいずれも1ppm以下に制御され、乾燥窒素で充満されたグローブボックス中において、ヘキシルノルボルネン(HxNB)9.4g(53.1mmol)、フェニルエチルノルボルネン10.5g(53.1mmol)を500mLバイアル瓶に計量し、脱水トルエン60gと酢酸エチル11gを加え、シリコン製のシーラーを被せて上部を密栓した。

次に、100mLバイアルビン中に上記化学式(B)で表わされるNi触媒2.06g(3.2mmol)と脱水トルエン10mLを計量し、スター

ラーチップを入れて密栓し、触媒を十分に攪拌して完全に溶解させた。

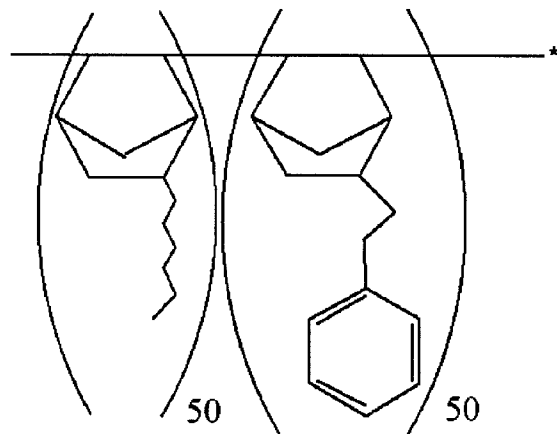
上記化学式（B）で表わされるNi触媒溶液1mLをシリンジで正確に計量し、上記2種のノルボルネンを溶解させたバイアル瓶中に定量的に注入し室温で1時間攪拌したところ、著しい粘度上昇が確認された。この時点で栓を抜き、テトラヒドロフラン（THF）60gを加えて攪拌を行い、反応溶液を得た。

100mLビーカーに無水酢酸9.5g、過酸化水素水18g（濃度30%）、イオン交換水30gを加えて攪拌し、その場で過酢酸水溶液を調製した。次にこの水溶液全量を上記反応溶液に加えて12時間攪拌してNiの還元処理を行った。

次に、処理の完了した反応溶液を分液ロートに移し替え、下部の水層を除去した後、イソプロピルアルコールの30%水溶液を100mL加えて激しく攪拌を行った。静置して完全に二層分離が行われた後で水層を除去した。この水洗プロセスを合計で3回繰り返した後、油層を大過剰のアセトン中に滴下して生成したポリマーを再沈殿させ、ろ過によりろ液と分別した後、60°Cに設定した真空乾燥機中で12時間加熱乾燥を行うことにより、ポリマー#2を得た。ポリマー#2の分子量分布は、GPC測定によると、 $M_w = 9$ 万、 $M_n = 4$ 万であった。また、ポリマー#2中の各構造単位のモル比は、NMRによる同定によると、ヘキシルルボルネン構造単位が50mol%、フェニルエチルルボルネン構造単位が50mol%であった。またメトリコンによる屈折率は1.54（測定波長；633nm）であった。

[0237]

[化39]



(ポリマー # 2)

## [0238] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#2 10 gを100 mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40 g、酸化防止剤Irganox 1076（チバガイギー社製）0.01 g、シクロヘキシルオキセタンモノマー（式20で示したもの、東亜合成製 CHOX、CAS#483303-25-9、分子量186、沸点125℃/1.33 kPa）2 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074（Rhodia社製、CAS#178233-72-2）（1.36E-2g、酢酸エチル0.1 mL中）を加え均一に溶解させた後、0.2 μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV2を得た。

## [0239] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

## [0240] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニスV2をドクターブレードによって均一に塗布した後、45℃の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500 mJ/cm<sup>2</sup>で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45℃で30分、85℃で30分、150℃で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波

路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

[0241] (上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した

[0242] (4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は  $0.04 \text{ dB/cm}$  と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は  $0.01$  であった。

[0243] (実施例 3)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例 1 と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

[0244] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー # 1  $10 \text{ g}$  を  $100 \text{ mL}$  のガラス容器に秤量し、これにメシチレン  $40 \text{ g}$ 、酸化防止剤 *Irganox 1076* (チバガイギー社製)  $0.01 \text{ g}$ 、2 官能オキセタンモノマー (式 (15) で示したもの、東亜合成製、DOX、CAS # 18934-00-4、分子量 214、沸点  $119^\circ\text{C}/0.67 \text{ kPa}$ )  $2 \text{ g}$ 、光酸発生剤 *Rhodorsil Photoinitiator 2074* (Rhodia 社製、CAS # 178233-72-2) ( $1.36 \text{E-2g}$ 、酢酸エチル  $0.1 \text{ mL}$  中) を加え均一に溶解させた後、 $0.2 \mu\text{m}$  の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニス V3 を得た。

[0245] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。

[0246] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V3 をドクターブレードによって均一に塗布した後、 $45^\circ\text{C}$  の乾燥機に 15 分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を  $500 \text{ mJ/cm}^2$  で選択



的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45℃で30分、85℃で30分、150℃で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

[0247] (上側クラッド層の形成)

実施例1と同様の上側クラッド層を作製した。

[0248] (4) 評価

実施例1と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.04 dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.01であった。

[0249] (実施例4)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例1と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

[0250] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40g、酸化防止剤Irganox 1076 (チバガイギー社製) 0.01g、脂環式エポキシモノマー (式(37)で示したもの、ダイセル化学製、セロキサイド2021P、CAS#2386-87-0、分子量252、沸点188℃/4hPa) 2g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074 (Rhodia社製、CAS#178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中)を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV4を得た。

[0251] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

[0252] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニスV4をドクターブレード

によって均一に塗布した後、45℃の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm<sup>2</sup>で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45℃で30分、85℃で30分、150℃で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

[0253] (上側クラッド層の形成)

実施例1と同様の上側クラッド層を作製した。

[0254] (4) 評価

実施例1と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.04dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.01であった。

[0255] (実施例5)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例1と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

[0256] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40g、酸化防止剤Irganox 1076（チバガイギー社製）0.01g、シクロヘキシルオキセタンモノマー（式20で示したもの、東亜合成製 CHOX）1g、脂環式エポキシモノマー（ダイセル化学製、セロキサイド2021P）1g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074（Rhodia社製、CAS# 178233-72-2）（1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中）を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV5を得た。

[0257] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

## [0258] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニスV5をドクターブレードによって均一に塗布した後、45℃の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm<sup>2</sup>で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45℃で30分、85℃で30分、150℃で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

## [0259] (上側クラッド層の形成)

実施例1と同様の上側クラッド層を作製した。

## [0260] (4) 評価

実施例1と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.03dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.01であった。

## [0261] (実施例6)

## (1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

実施例1と同様の方法でノルボルネン系樹脂を作製した。

## [0262] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40g、酸化防止剤Irganox1076(チバガイギー社製)0.01g、シクロヘキシルオキセタンモノマー(式20で示したもの、東亜合成製CHOX)1.5g、光酸発生剤Rhodorsil Photoinitiator 2074(Rhodia社製、CAS#178233-72-2)(1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中)を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV6を得た。

## [0263] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例 1 と同様の下側クラッド層を作製した。

[0264] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニス V 6 をドクターブレードによって均一に塗布した後、45℃の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm<sup>2</sup>で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45℃で30分、85℃で30分、150℃で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

[0265] (上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した。

[0266] (4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は0.03dB/cmと算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は0.01であった。

[0267] (実施例 7)

(1) 脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成

水分および酸素濃度がいずれも1ppm以下に制御され、乾燥窒素で充填されたグローブボックス中において、ヘキシルノルボルネン(HxNB)6.4g(36.1mmol)、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン(diPhNB)8.7g(27.1mmol)、エポキシノルボルネン(EpNB)4.9g(27.1mmol)を500mLバイアル瓶に計量し、脱水トルエン60gと酢酸エチル11gを加え、シリコン製のシーラーを被せて上部を密栓した。

次に、100mLバイアルビン中に上記化学式(B)で表わされるNi触媒1.75g(3.2mmol)と脱水トルエン10mLを計量し、スターラーチップを入れて密栓し、触媒を十分に攪拌して完全に溶解させた。

この上記化学式(B)で表わされるNi触媒溶液1mLをシリンジで正確

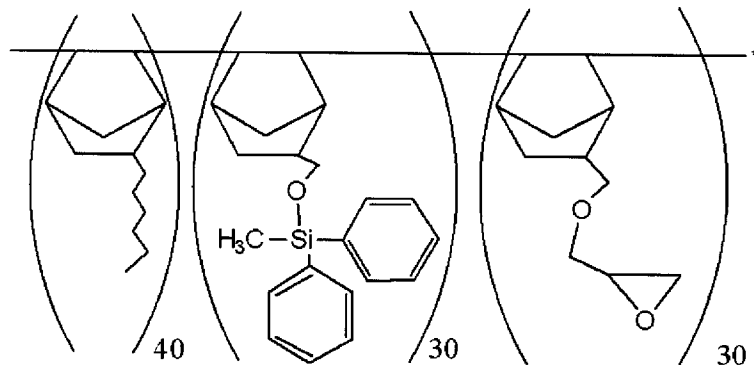
に計量し、上記３種のノルボルネンを溶解させたバイアル瓶中に定量的に注入し室温で１時間攪拌したところ、著しい粘度上昇が確認された。この時点で栓を抜き、テトラヒドロフラン（ＴＨＦ）６０ｇを加えて攪拌を行い、反応溶液を得た。

１００ｍＬビーカーに無水酢酸９．５ｇ、過酸化水素水１８ｇ（濃度３０％）、イオン交換水３０ｇを加えて攪拌し、その場で過酢酸水溶液を調製した。次にこの水溶液全量を上記反応溶液に加えて１２時間攪拌してＮｉの還元処理を行った。

次に、処理の完了した反応溶液を分液ロートに移し替え、下部の水層を除去した後、イソプロピルアルコールイソプロピルアルコールの３０％水溶液を１００ｍＬ加えて激しく攪拌を行った。静置して完全に二層分離が行われた後で水層を除去した。この水洗プロセスを合計で３回繰り返した後、油層を大過剰のアセトン中に滴下して生成したポリマーを再沈殿させ、ろ過によりろ液と分別した後、６０℃に設定した真空乾燥機中で１２時間加熱乾燥を行うことにより、ポリマー＃３を得た。ポリマー＃３の分子量分布は、ＧＰＣ測定によると、 $M_w = 8$ 万、 $M_n = 4$ 万であった。また、ポリマー＃３中の各構造単位のマール比は、ＮＭＲによる同定によると、ヘキシルルボルネン構造単位が４０ｍｏｌ％、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン構造単位が３０ｍｏｌ％、エポキシノルボルネン構造単位が３０ｍｏｌ％であった。またメトリコンによる屈折率は１．５３（測定波長；６３３ｎｍ）であった。

[0268]

[化40]



ポリマー # 3

## [0269] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#3 10gを100mLのガラス容器に秤量し、これにメシチレン40g、酸化防止剤Irganox 1076（チバガイギー社製）0.01g、シクロヘキシルオキセタンモノマー（式20で示したもの、東亜合成製 CHOX）1.0g、光酸発生剤 Rhodorsil Photoinitiator 2074（Rhodia社製、CAS# 178233-72-2）（1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中）を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスV7を得た。

## [0270] (3) 光導波路フィルムの製造

（下側クラッド層の作製）

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

## [0271] （コア層の形成）

上記下側クラッド層上に感光性樹脂組成物ワニスV7をドクターブレードによって均一に塗布した後、45℃の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を500mJ/cm<sup>2</sup>で選択的に照射した。マスクを取り去り、乾燥機中45℃で30分、85℃で30分、150℃で1時間と三段階で加熱を行った。加熱後、非常に鮮明な導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

## [0272] (上側クラッド層の形成)

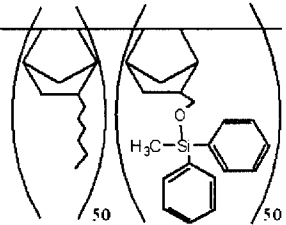
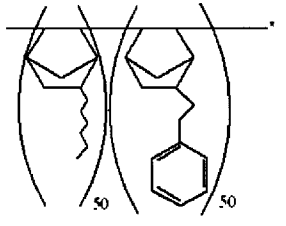
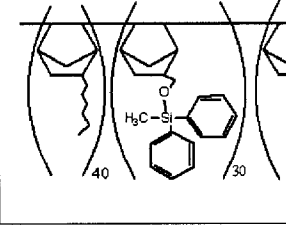
実施例 1 と同様の上層クラッドを作製した。

## [0273] (4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は  $0.04 \text{ dB/cm}$  と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は  $0.02$  だった。

[0274] 以上、実施例 1 ～ 7 で得られた光導波路フィルムの評価結果を表 1 に示す。

[0275] [表1]

|       | ポリマー                                                                                | モノマー                          |                      | 伝搬<br>損失<br>[dB/cm] | コア/クラ<br>ッド間の<br>屈折率差 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|
|       |                                                                                     | オキセタン                         | エポキシ                 |                     |                       |
| 実施例 1 |   | CHOX<br>(ポリマーに対し<br>て 20 phr) | なし                   | 0.03                | 0.02                  |
| 実施例 2 |  | CHOX 20phr                    | なし                   | 0.04                | 0.01                  |
| 実施例 3 | 実施例 1 と同じ                                                                           | DOX 20phr                     | なし                   | 0.04                | 0.01                  |
| 実施例 4 | 実施例 1 と同じ                                                                           | なし                            | 脂環式<br>エポキシ<br>20phr | 0.04                | 0.01                  |
| 実施例 5 | 実施例 1 と同じ                                                                           | CHOX 10phr                    | 脂環式<br>エポキシ<br>10phr | 0.03                | 0.01                  |
| 実施例 6 | 実施例 1 と同じ                                                                           | CHOX 15phr                    | なし                   | 0.03                | 0.01                  |
| 実施例 7 |  | CHOX 10phr                    | なし                   | 0.04                | 0.02                  |

[0276] 実施例 1～7 では、感光性樹脂組成物に光を当てると、光酸発生剤から、酸が発生し、照射部分のみにおいて、環状エーテル基を有するモノマーが重合する。そして、照射部分における未反応モノマー量が少なくなるため、照射部分／未照射部分間で生じた濃度勾配を解消するために未照射部分のモノマーが照射部分に拡散する。

また、光照射後、加熱を行うと、未照射部分からモノマーが揮発する。

以上より、コア部とクラッド部との間でモノマー由来の構造体濃度が異なり、クラッド部では、環状エーテル基を有するモノマー由来の構造体が多くなり、コア部では、環状エーテル基を有するモノマー由来の構造体が少なくなる。このことは、コア部とクラッド部との間で 0.01 以上の比較的大きな屈折率差が生じることから認められる。

なお、実施例 1～7 では、直線状の光導波路を形成したが、曲線状（曲率半径 10 mm 程度）の光導波路を形成した場合には、光損失が少ないことが顕著になる。

さらには、実施例 1～7 で得られた光導波路フィルムは、耐熱性が高く、260℃の耐リフロー性を有している。

[0277] （実施例 8）

（1）脱離性基を有するノルボルネン樹脂の合成

脱離性基を有するノルボルネン系樹脂の合成において、ジフェニルメチルノルボルネンメトキシシラン 12.9 g（40.1 mmol）に代えて、フェニルジメチルノルボルネンメトキシシラン 10.4 g（40.1 mmol）を用いた以外は実施例 1 と同様にした。得られた側鎖に脱離性基を有するノルボルネン系樹脂 B（式 103）の分子量は、GPC 測定によると、 $M_w = 11$  万、 $M_n = 5$  万であった。また、各構造単位のモル比は、NMR による同定によると、ヘキシルノルボルネン構造単位が 50 mol %、フェニルジメチルノルボルネンメトキシシラン構造単位が 50 mol %であった。またメトリコンによる屈折率は 1.53（測定波長；633 nm）であった。

[0278] （2）感光性樹脂組成物の製造



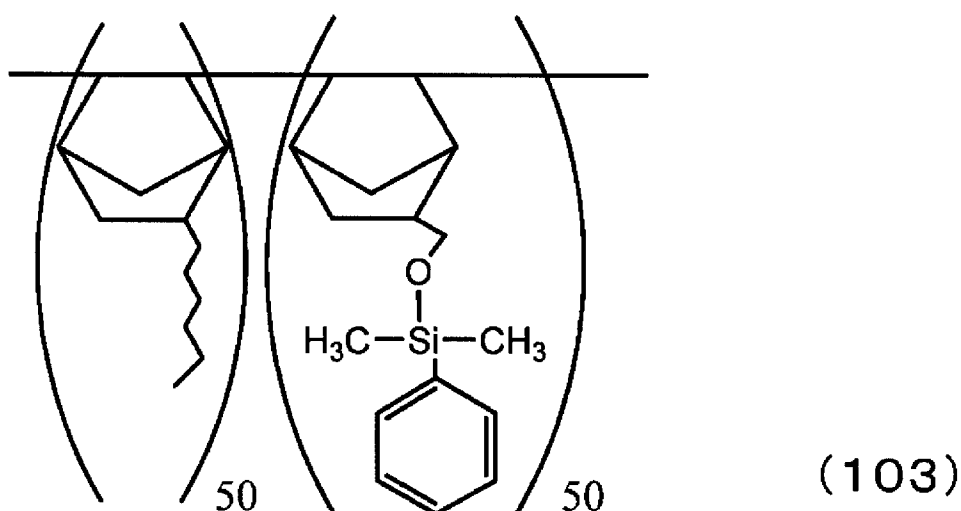
ポリマー# 1 に代えて、ノルボルネン系樹脂 B を使用した点以外は、実施例 1 と同様に感光性樹脂組成物を得た。

[0279] (3) 光導波路フィルムの製造

ノルボルネン系樹脂 B を含む上記感光性樹脂組成物を使用した点以外は、実施例 1 と同様に、光導波路フィルムを得た。

実施例 1 と同様に、光導波路の損失評価を行ったところ、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は  $0.03 \text{ dB/cm}$  であった。

[0280] [化41]



[0281] (実施例 9)

(1) 感光性樹脂組成物として以下のものを用いた以外は、実施例 1 と同様にした。

実施例 1 で得られたノルボルネン系樹脂 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 40 g、酸化防止剤 I r g a n o x 1076 (チバガイギー社製) 0.01 g、シクロヘキシルオキセタンモノマー (式 (100) で示した第 1 モノマー、東亜合成製 CHOX、CAS # 483303-25-9、分子量 186、沸点  $125^{\circ}\text{C}/1.33 \text{ kPa}$ ) 1 g、2 官能オキセタンモノマー (式 (104) で示した第 2 モノマー、東亜合成製、DOX、CAS # 18934-00-4、分子量 214、沸点  $119^{\circ}\text{C}/0.67 \text{ kPa}$ ) 1 g、光酸発生剤 Rhodorsil Photo ini

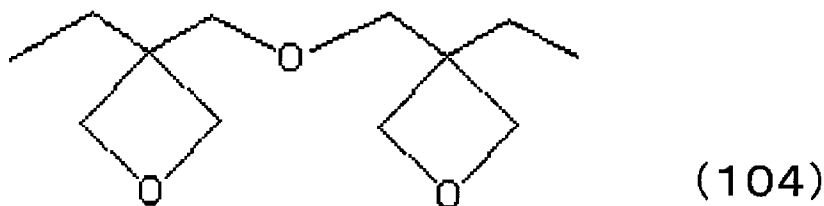
t i a t o r 2074 (Rhodia社製、CAS# 178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル0.1mL中)を加え均一に溶解させた後、0.2μmのPTFEフィルターによりろ過を行い、清浄なコア層用の感光性樹脂組成物ワニスを調製した。

[0282] (2) 光導波路フィルムの製造

上記(1)の感光性樹脂組成物を使用した点以外は、実施例1と同様にし、光導波路フィルムを得た。

実施例1と同様に、光導波路の損失評価を行ったところ、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は0.04dB/cmであった。

[0283] [化42]



[0284] (実施例10)

環状オレフィンとして以下のものを用いた以外は、実施例1と同様にした。

(1) ノルボルネン系樹脂Cの合成

公知の手法(例えば特開2003-252963号公報)を用いてフェニルエチルノルボルネン(PENB)モノマーの開環メタセシス重合を行い、下記式(105)で表されるノルボルネン系樹脂Cを得た。

[0285] (2) 感光性樹脂組成物製造

ポリマー#1に変えて、ノルボルネン系樹脂Cを使用した点以外は、実施例1と同様に感光性樹脂組成物を得た。

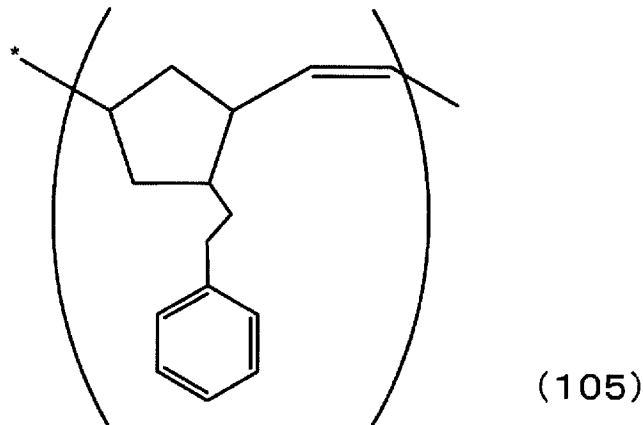
[0286] (3) 光導波路フィルムの製造

ノルボルネン系樹脂Cを含む上記感光性樹脂組成物を使用した点以外は、実施例1と同様にし、光導波路フィルムを得た。

実施例1と同様に、光導波路の損失評価を行ったところ、得られた光導波

路フィルムの伝搬損失は0.05 dB/cmであった。

[0287] [化43]



[0288] (実施例 1 1)

第 1 モノマーの配合量を0.5 gにした以外は、実施例 1 と同様にして、光導波路フィルムを作製した。

なお、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は、0.1 dB/cmであった。

[0289] (実施例 1 2)

第 1 モノマーの配合量を4.0 gに以外は、実施例 1 と同様にして、光導波路フィルムを作製した。

なお、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は、0.1 dB/cmであった。

[0290] (比較例 1)

第 1 モノマーを用いなかった以外は、実施例 1 と同様にして、光導波路フィルムを作製した。

なお、得られた光導波路フィルムの伝搬損失は、0.90 dB/cmであった。

[0291] (比較例 2)

(1) 各成分の合成

<触媒前駆体： $\text{Pd}(\text{OAc})_2(\text{P}(\text{Cy})_3)_2$ の合成>

漏斗を装備した2口丸底フラスコで、 $\text{Pd}(\text{OAc})_2$  (5.00 g、22.3 mmol) と  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (30 mL) からなる赤茶色懸濁液を  $-78^\circ\text{C}$  で攪拌した。

漏斗に、 $\text{P}(\text{Cy})_3$  (13.12 mL (44.6 mmol)) の  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  溶液 (30 mL) を入れ、そして、15分かけて上記攪拌懸濁液に滴下した。その結果、徐々に赤褐色から黄色に変化した。

$-78^\circ\text{C}$  で1時間攪拌した後、懸濁液を室温に温め、さらに2時間攪拌して、ヘキサン (20 mL) で希釈した。

次に、この黄色の固体を空気中でろ過し、ペンタンで洗浄し ( $5 \times 10 \text{ mL}$ )、真空乾燥させた。

2次収集物は、ろ液を  $0^\circ\text{C}$  に冷却して分離し、上記と同様に洗浄して乾燥させた。これにより、触媒前駆体を得た。

#### [0292] (2) 感光性樹脂組成物の製造

精製した上記ポリマー#1 10 g を 100 mL のガラス容器に秤量し、これにメシチレン 40 g、酸化防止剤 *Irganox 1076* (チバガイギー社製) 0.01 g、ジメチルビス(ノルボルネンメトキシ)シラン (*Silix*) 2.4 g、上記触媒前駆体 (2.6E-2g)、光酸発生剤 *Rhodorsil Photoinitiator 2074* (*Rhodia* 社製、CAS# 178233-72-2) (1.36E-2g、酢酸エチル 0.1 mL 中) を加え均一に溶解させた後、 $0.2 \mu\text{m}$  の PTFE フィルターによりろ過を行い、清浄な感光性樹脂組成物ワニスを得た。

#### [0293] (3) 光導波路フィルムの製造

(下側クラッド層の作製)

実施例1と同様の下側クラッド層を作製した。

#### [0294] (コア層の形成)

上記下側クラッド層上に調製したワニスをドクターブレードによって均一に塗布した後、 $45^\circ\text{C}$  の乾燥機に15分間投入した。溶剤を完全に除去した後、フォトマスクを圧着して紫外線を  $500 \text{ mJ/cm}^2$  で選択的に照射した

。マスクを取り去り、乾燥機中  $45^{\circ}\text{C}$  で 30 分、 $85^{\circ}\text{C}$  で 30 分、 $150^{\circ}\text{C}$  で 1 時間と三段階で加熱を行った。加熱後、導波路パターンが現れているのが確認された。また、コア部およびクラッド部の形成が確認された。

[0295] (上側クラッド層の形成)

実施例 1 と同様の上側クラッド層を作製した

[0296] (4) 評価

実施例 1 と同じ方法により、評価を行った。伝搬損失は  $0.05\text{ dB/cm}$  と算出することができた。コア部とクラッド部の屈折率差は  $0.005$  であった。

[0297] B. 光導波路の評価

各実施例および比較例で得られた光導波路について、以下の評価を行った。評価項目を内容とともに示す。得られた結果を表 2 に示す。

[0298] 1. 光損失

$850\text{ nm VCSEL}$  (面発光レーザー) より発せられた光を  $50\text{ }\mu\text{m}\phi$  の光ファイバーを経由して上記光導波路に導入し、 $200\text{ }\mu\text{m}\phi$  の光ファイバーで受光を行って光の強度を測定した。なお、測定にはカットバック法を採用し、導波路長を横軸、挿入損失を縦軸にプロットしていったところ、測定値はきれいに直線上に並び、その傾きから伝搬損失を算出した。

[0299] 2. 耐熱性

上記光導波路を高温高湿槽 ( $85^{\circ}\text{C}$ 、 $85\%\text{RH}$ ) に投入し、湿熱処理 500 時間後の伝搬損失を評価した。また、リフロー処理 ( $\text{N}_2$  雰囲気下、最大温度  $260^{\circ}\text{C}/60$  秒) による伝搬損失の劣化の有無も並行して確認した。

なお、ここでの伝搬損失の測定は、1 の光損失の測定方法と同じである。

[0300] 3. 光導波路の曲げ損失

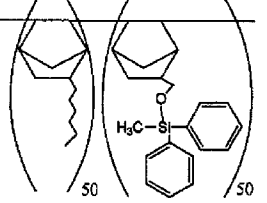
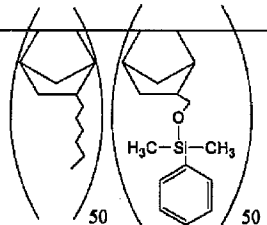
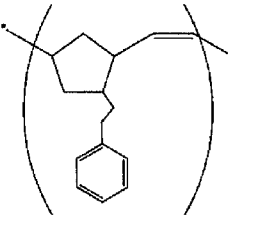
$10\text{ mm}$  の曲率半径を有する光導波路フィルムの光強度の曲げ損失を評価した。 $850\text{ nm VCSEL}$  (面発光レーザー) より発せられた光を  $50\text{ }\mu\text{m}\phi$  の光ファイバーを経由して上記光導波路フィルムの端面に導入し、 $200\text{ }\mu\text{m}\phi$  の光ファイバーで他端から受光を行って光の強度を測定した (下記

式参照)。長さの等しい光導波路フィルムを曲げたときに生じる損失の増分を「曲げ損失」と定義し、図12に示すように、光導波路フィルムを曲線状にした場合の挿入損失と光導波路フィルムを直線状にした場合の挿入損失との差で「曲げ損失」を表した。

$$\text{挿入損失 [dB]} = -10 \log (\text{出射光強度} / \text{入射光強度})$$

$$\text{曲げ損失} = (\text{曲線での挿入損失}) - (\text{直線での挿入損失})$$

[0301] [表2]

|        | ポリマー                                                                                | モノマー        | 光損失<br>[dB/cm] | 曲げ損失<br>[dB/cm] | 耐熱性評価              |              |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------|
|        |                                                                                     |             |                |                 | 85℃85%<br>RH 500hr | 260℃<br>リフロー |
| 実施例 1  |   | CHOX        | 0.03           | 0.7             | 0.05               | 0.04         |
| 実施例 8  |  | CHOX        | 0.03           | 0.8             | 0.05               | 0.05         |
| 実施例 9  | 実施例 1 と同じ                                                                           | CHOX<br>DOX | 0.04           | 0.9             | 0.04               | 0.05         |
| 実施例 10 |  | CHOX        | 0.05           | 0.9             | 0.10               | 0.36         |
| 実施例 11 | 実施例 1 と同じ                                                                           | CHOX        | 0.10           | 1.2             | 0.11               | 0.11         |
| 実施例 12 | 実施例 1 と同じ                                                                           | CHOX        | 0.10           | 1.1             | 0.12               | 0.11         |
| 比較例 1  | 実施例 1 と同じ                                                                           | なし          | 0.90           | 2.5             | 0.99               | 1.12         |
| 比較例 2  | 実施例 1 と同じ                                                                           | SiX         | 0.05           | 1.9             | 1.35               | 1.50         |

[0302] 表2から明らかなように実施例1, 8-12は、光損失が低く、光導波路の性能が優れていることが示された。

また、実施例 1, 8-12 は、高温高湿処理後およびリフロー処理後の光損失も小さく、耐熱性にも優れていることが示された。

また、特に実施例 1, 8, 9, 10 は、曲げ損失も小さく、光導波路を屈曲させて用いても十分な性能を発揮することが示唆された。

[0303] さらに、各実施例および比較例で得られた光導波路フィルムを用いて、前記第 1 実施形態にかかる光導波路構造体を作製したところ、各実施例で得られた光導波路フィルムを用いた光導波路構造体は、それぞれ、各比較例で得られた光導波路フィルムを用いた光導波路構造体に比べて、伝送損失の低いものが得られた。

### 産業上の利用可能性

[0304] 本発明の光導波路構造体は、光回路（光導波路のパターン）や電気回路の設計の幅が広く、歩留まりが良く、光伝送性能を高く維持し、信頼性、耐久性に優れ、汎用性に富む。そのため、本発明は、種々の電子部品、電子機器等に対し用いることができるので、本発明は産業上極めて有用である。

### 符号の説明

[0305] 1 光導波路構造体  
2 光導波路本体  
3 傾斜面  
4 a、4 b、4 c、4 d、4 e、4 f、4 g 光路変換部  
5 a、5 b、5 c、5 d、5 e、5 f、5 g 反射面  
6 1、6 2、6 3、6 4、6 5 発光素子  
6 1 0、6 2 0、6 3 0、6 4 0、6 5 0 発光部  
7 1、7 1 1、7 1 2 伝送光  
7 2 伝送光  
7 3 伝送光  
7 4、7 4 1、7 4 2 伝送光  
7 5 伝送光  
7 6 伝送光

|                                           |               |
|-------------------------------------------|---------------|
| 9                                         | 光導波路          |
| 9 0                                       | 積層体（光導波路）     |
| 9 1                                       | クラッド層         |
| 9 2                                       | コア層積層部        |
| 9 3                                       | コア層           |
| 9 4                                       | コア部           |
| 9 4 1                                     | 分岐部           |
| 9 4 2、9 4 3、9 4 4、9 4 5、9 4 6、9 4 7、9 4 8 | 出射端           |
| 9 5                                       | クラッド部         |
| 9 6                                       | クラッド層         |
| 9 6 1、9 6 2、9 6 3、9 6 4、9 6 5             | 露出面（露出端面）     |
| 9 0 0                                     | ワニス（コア層形成用材料） |
| 9 1 0                                     | フィルム          |
| M                                         | マスク           |

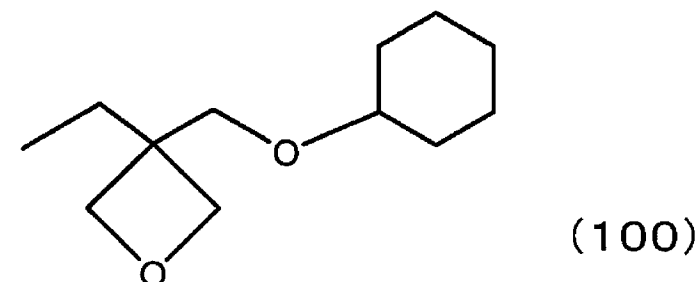


## 請求の範囲

[請求項1] 光路を形成するコア部と、前記コア部の外周に形成され、前記コア部と屈折率が異なるクラッド部とを有する光導波路本体を有し、  
前記光導波路本体内に前記コア部が3次元的に配置されており、  
前記コア部は、  
(A) 環状オレフィン樹脂と、  
(B) 前記(A)とは屈折率が異なり、かつ、環状エーテル基を有するモノマーおよび環状エーテル基を有するオリゴマーのうちの少なくとも一方と、  
(C) 光酸発生剤と、  
を含む組成物で構成されたコア層に対し活性放射線を選択的に照射することにより所望の形状に形成されたものであることを特徴とする光導波路構造体。

[請求項2] 前記(B)の環状エーテル基は、オキセタニル基またはエポキシ基である請求項1に記載の光導波路構造体。

[請求項3] 前記(A)の環状オレフィン樹脂は、側鎖に前記(C)の光酸発生剤から発生する酸により脱離する脱離性基を有し、  
前記(B)は、下記式(100)に記載の第1モノマーを含むものである請求項2に記載の光導波路構造体。



[請求項4] 前記コア部は、互いに直交するX、YおよびZ方向のうちの少なくとも1つの方向に延在する部分を有している請求項1ないし3のいずれ

れかに記載の光導波路構造体。

- [請求項5] 前記コア部は、互いに直交するX、YおよびZ方向のうちの少なくとも2つの方向に延在する部分を有している請求項1ないし4のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項6] 前記光導波路本体は、前記クラッド部を構成するクラッド層と前記コア層とが交互に積層された部分を有する請求項1ないし5のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項7] 前記光導波路本体は、前記コア層の両面に前記クラッド部を構成するクラッド層をそれぞれ接合してなる積層体を2つ以上重ねた部分を有する請求項1ないし6のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項8] 前記光導波路本体は、前記コア層を複数積層したコア層積層部を有する請求項1ないし7のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項9] 異なる前記コア層間に形成された前記コア部同士の間で伝送光の授受が行われるよう構成された部分を有する請求項6ないし8のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項10] 前記コア部を伝送される伝送光の光路を屈曲させる光路変換部を有する請求項1ないし9のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項11] 前記光路変換部は、前記伝送光の少なくとも一部を反射する反射面を有するものである請求項10に記載の光導波路構造体。
- [請求項12] 前記光路変換部は、前記伝送光の光路を複数の方向に分割する機能を有するものである請求項10または11に記載の光導波路構造体。
- [請求項13] 前記コア部は、前記光導波路本体の外部より前記コア部の所定部位へ入射される伝送光が、コア部の他の部位と交差しないように配置されている請求項1ないし12のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項14] 前記コア部は、光路が分岐および／または合流する部分を有する請求項1ないし13のいずれかに記載の光導波路構造体。
- [請求項15] 互いに直交するX、YおよびZ方向のうちの1つの入射方向から前記コア部の所定部位へ伝送光が入射したとき、前記伝送光が前記コア

部の他の部位から前記入射方向と直交する方向へ出射するよう構成されている請求項 1 ないし 14 のいずれかに記載の光導波路構造体。

[請求項16] 前記光導波路本体は、その少なくとも 1 つの表面が前記コア部の横断面に対し傾斜した傾斜面で構成されている請求項 1 ないし 15 のいずれかに記載の光導波路構造体。

[請求項17] 発光部または受光部と、端子とを有する素子を少なくとも 1 つ備える請求項 1 ないし 16 のいずれかに記載の光導波路構造体。

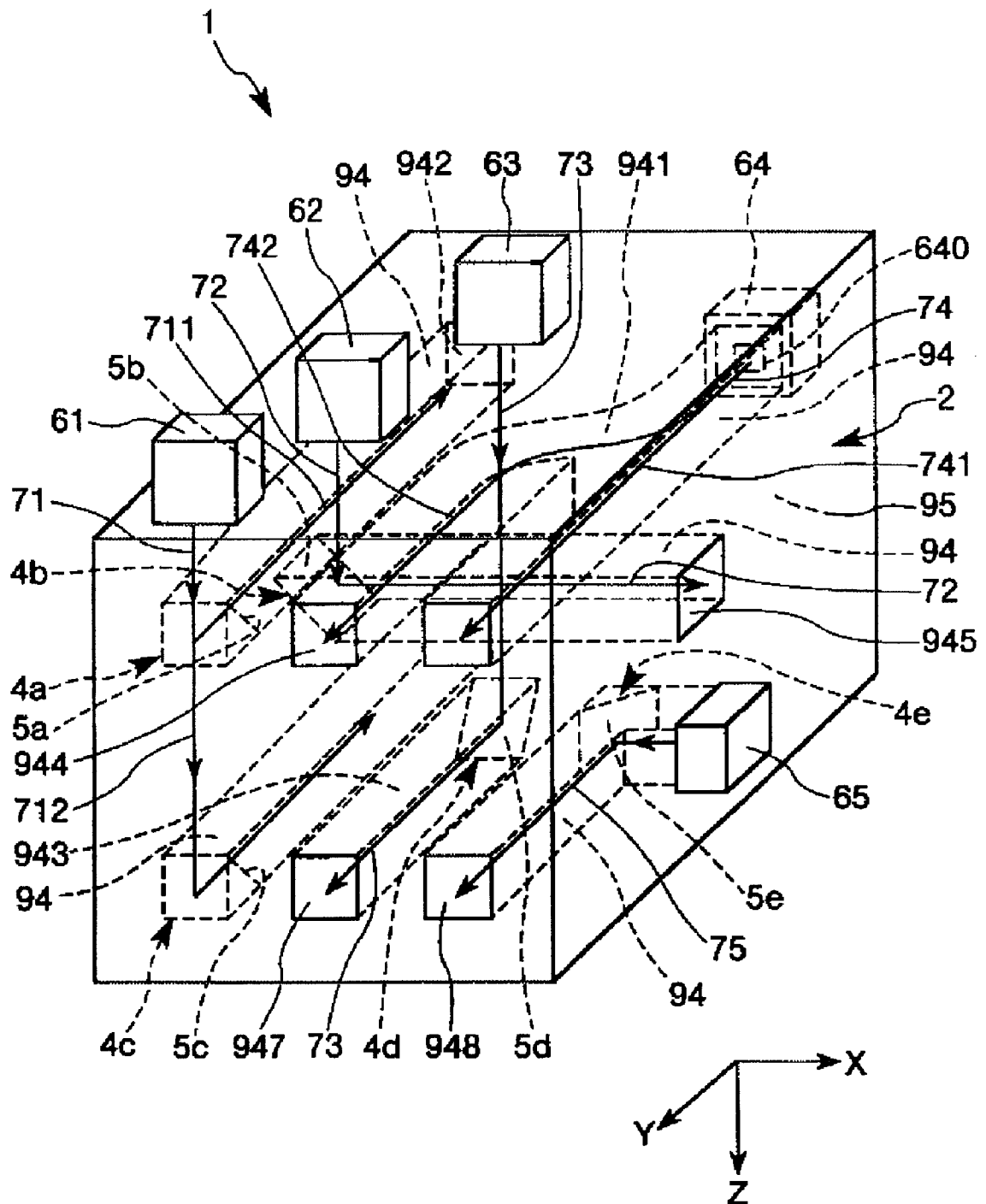
[請求項18] 互いに独立して作動するか、連動して作動するか、または同期的に作動する 2 以上の素子を有する請求項 17 に記載の光導波路構造体。

[請求項19] 導体層を有する請求項 1 ないし 18 のいずれかに記載の光導波路構造体。

[請求項20] 導体層を有し、前記端子が前記導体層に電氣的に接続されている請求項 17 ないし 19 のいずれかに記載の光導波路構造体。

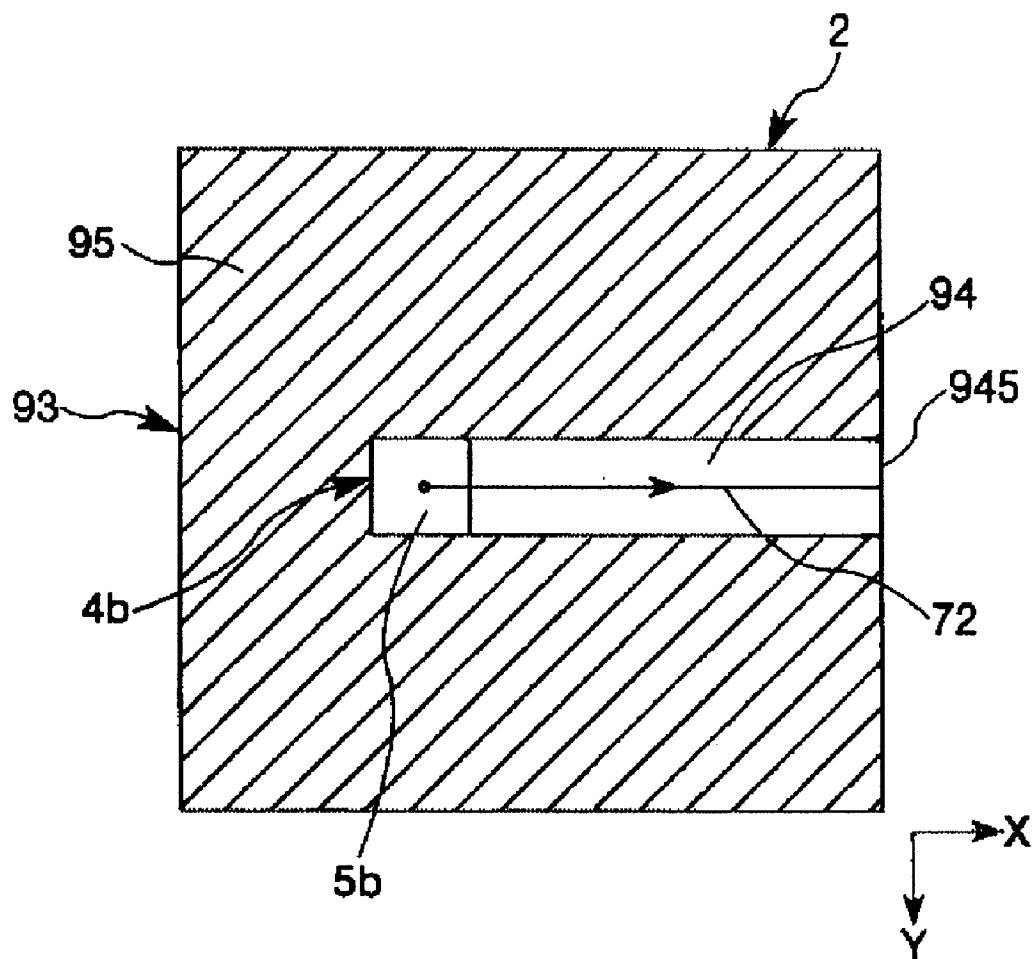
[請求項21] 請求項 1 ないし 20 のいずれかに記載の光導波路構造体を備えたことを特徴とする電子機器。

[図1]

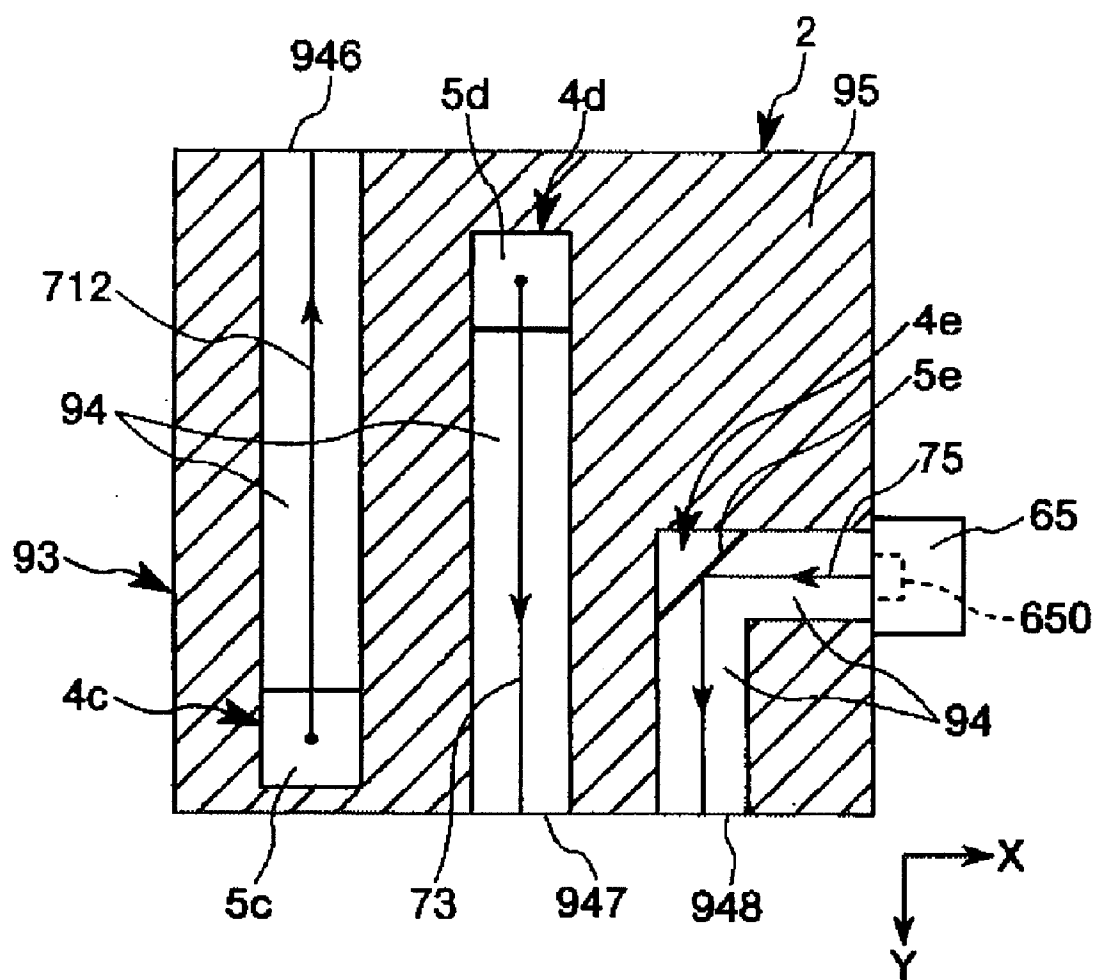




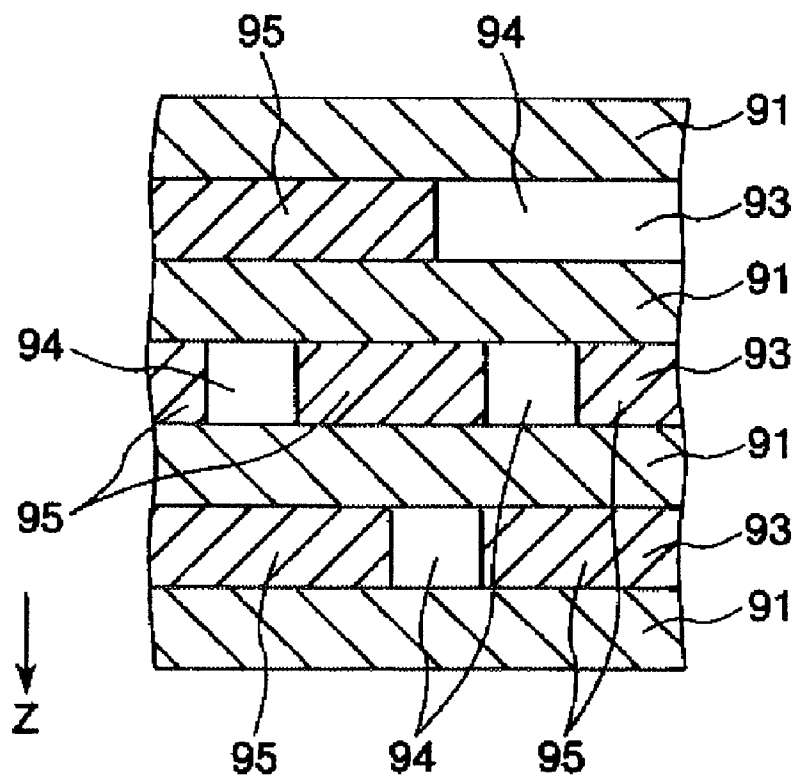
[図3]



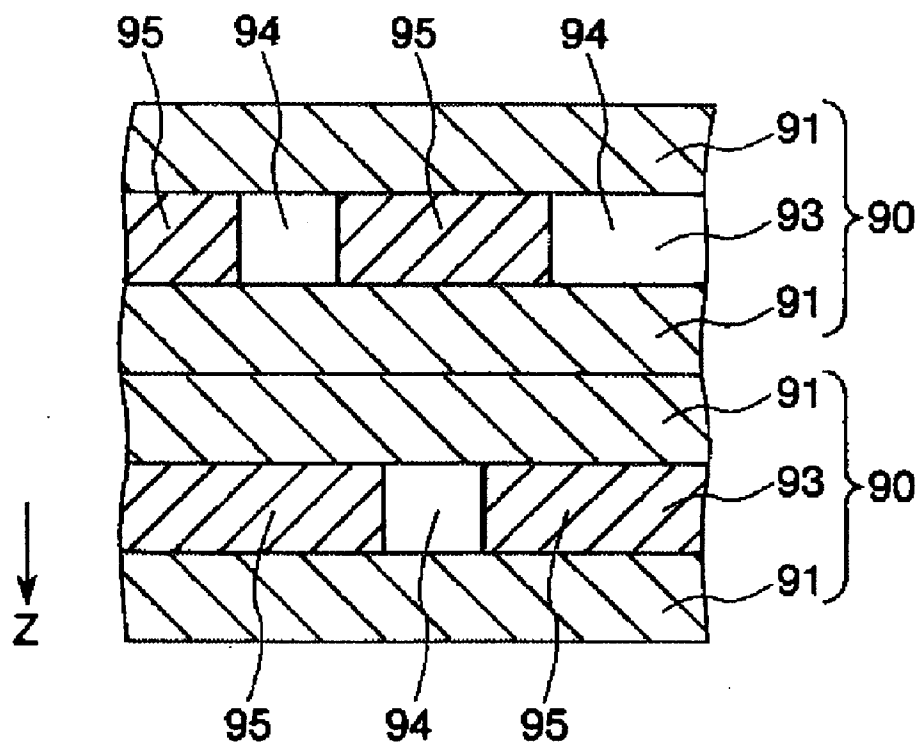
[図4]



[図5]

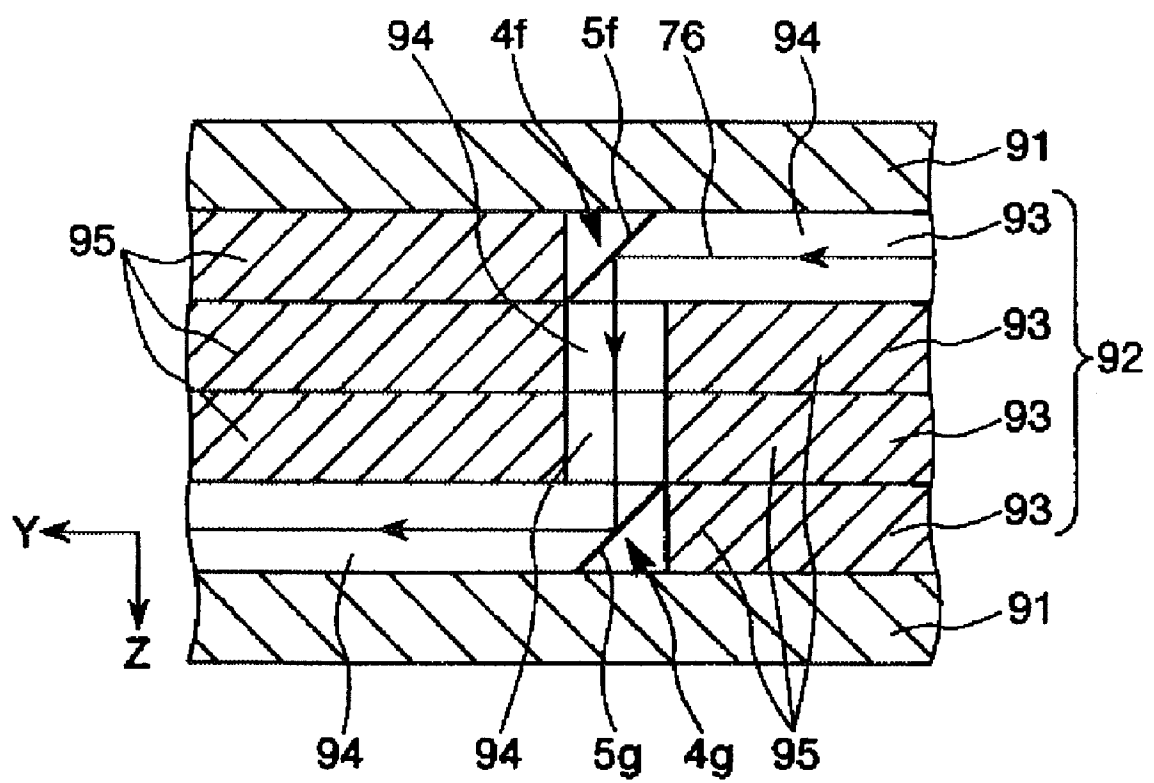


[図6]



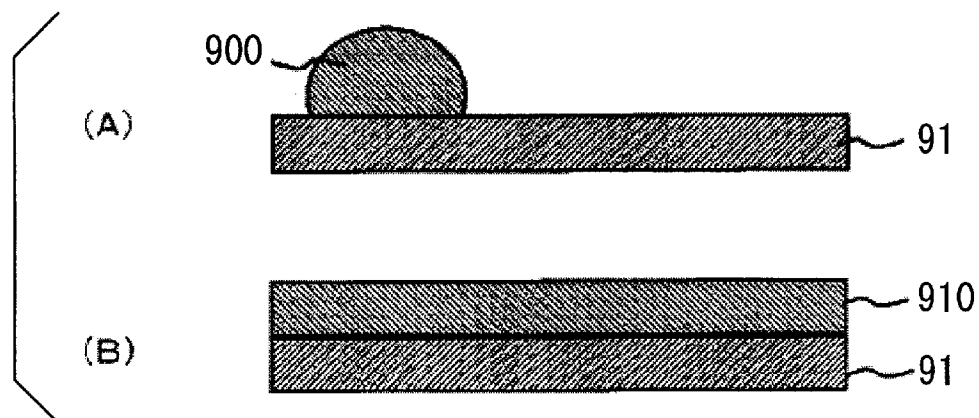


[図7]

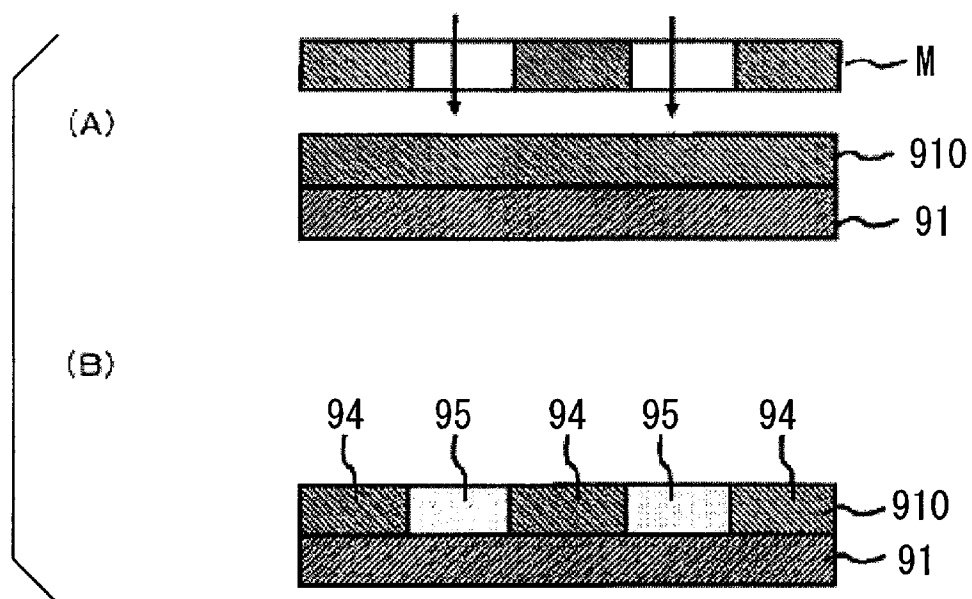




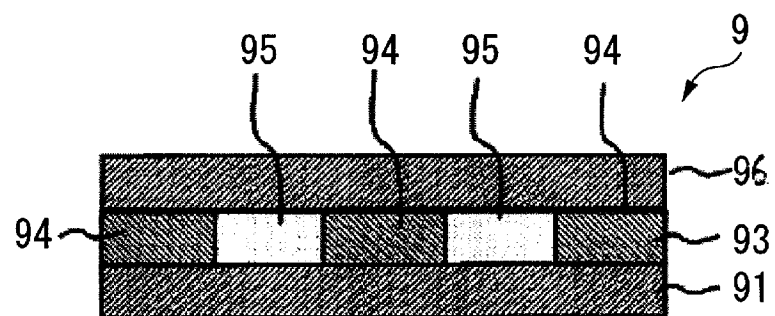
[図9]



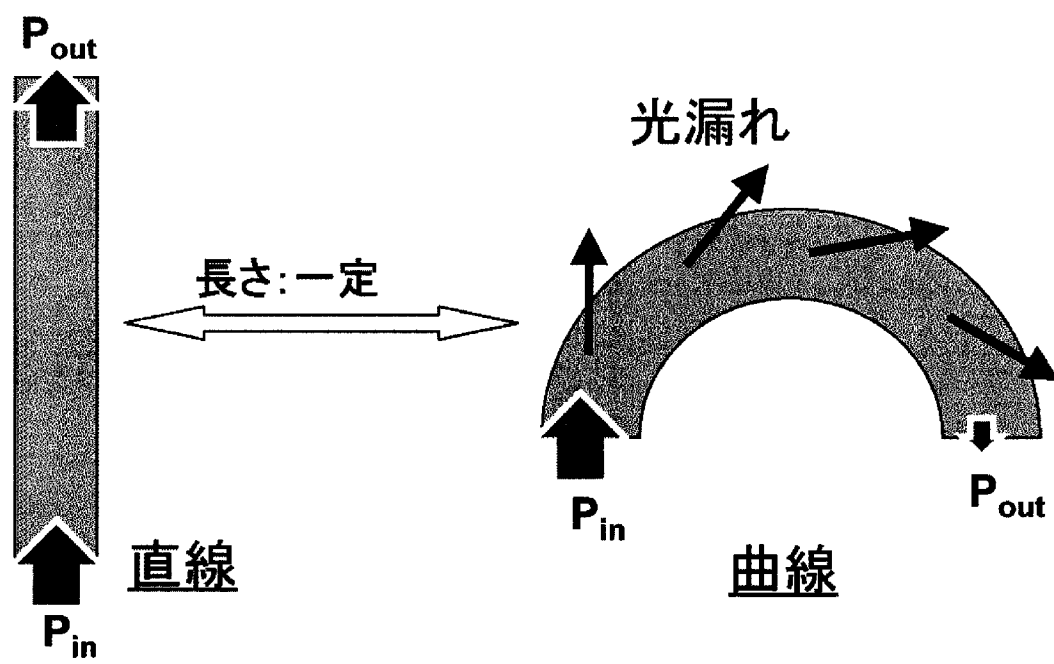
[図10]



[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058137

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/12(2006.01)i, C08F32/08(2006.01)i, C08L45/00(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/12-6/43, C08F32/08, C08L45/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2011 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2011 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2011 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, JSTPlus (JDreamII), JST7580 (JDreamII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                     | Relevant to claim No.    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| X<br>Y    | JP 2006-323319 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>30 November 2006 (30.11.2006),<br>paragraphs [0084] to [0189], [0258] to [0263],<br>[0278] to [0301]; fig. 1 to 8<br>(Family: none) | 1, 2, 4-21<br>3          |
| X<br>Y    | WO 2009/154206 A1 (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>23 December 2009 (23.12.2009),<br>paragraphs [0100] to [0170], [0222] to [0223];<br>fig. 2, 3, 10<br>& JP 2010-2724 A              | 1, 2, 4-7, 21<br>3, 8-20 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
21 June, 2011 (21.06.11)

Date of mailing of the international search report  
05 July, 2011 (05.07.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058137

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                         | Relevant to claim No.                       |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| X<br>Y    | WO 2010/026931 A1 (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>11 March 2010 (11.03.2010),<br>paragraphs [0100] to [0159]<br>(Family: none)                                                                                                                                                                           | 1, 2, 4, 21<br>3, 5-20                      |
| X<br>Y    | WO 2010/023976 A1 (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>04 March 2010 (04.03.2010),<br>description, page 13, line 10 to page 14, line 12;<br>page 20, lines 12 to 20; page 21, line 21 to page 22, line 11;<br>page 25, line 14 to page 26, line 19; page 65, lines 2 to 15; fig. 10, 16<br>& JP 2009-145867 A | 1, 2, 4-6,<br>9-11, 17-21<br>3, 7, 8, 12-16 |
| X<br>Y    | JP 2008-286919 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>27 November 2008 (27.11.2008),<br>paragraphs [0044] to [0046], [0056] to [0059]<br>(Family: none)                                                                                                                                                       | 1, 2, 4, 21<br>3, 5-20                      |
| X<br>Y    | WO 2008/126499 A1 (NEC Corp.),<br>23 October 2008 (23.10.2008),<br>paragraphs [0008] to [0031], [0037] to [0060];<br>fig. 1<br>& US 2010/0150506 A1                                                                                                                                                        | 1, 2, 4, 21<br>3, 5-20                      |
| Y         | WO 2009/151045 A1 (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>17 December 2009 (17.12.2009),<br>paragraphs [0044] to [0046], [0061] to [0064]<br>(Family: none)                                                                                                                                                      | 3                                           |
| Y         | JP 2005-336333 A (Toa Gosei Co., Ltd.),<br>08 December 2005 (08.12.2005),<br>paragraphs [0051], [0054], [0055]<br>(Family: none)                                                                                                                                                                           | 3                                           |
| Y         | JP 2005-336349 A (Toa Gosei Co., Ltd.),<br>08 December 2005 (08.12.2005),<br>paragraphs [0049], [0052], [0053]<br>(Family: none)                                                                                                                                                                           | 3                                           |
| Y         | JP 2009-67828 A (Sumitomo Bakelite Co., Ltd.),<br>02 April 2009 (02.04.2009),<br>paragraphs [0005], [0007], [0010]<br>(Family: none)                                                                                                                                                                       | 3                                           |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B6/12(2006.01)i, C08F32/08(2006.01)i, C08L45/00(2006.01)i, G02B6/122(2006.01)i,  
G02B6/42(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B6/12-6/43, C08F32/08, C08L45/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 1 年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI, JSTPlus(JDreamII), JST7580(JDreamII)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                  | 関連する<br>請求項の番号           |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| X<br>Y          | JP 2006-323319 A (住友ベークライト株式会社) 2006. 11. 30,<br>段落【0084】-【0189】,【0258】-【0263】,【0278】-【0301】,<br>第 1-8 図 (ファミリーなし) | 1, 2, 4-21<br>3          |
| X<br>Y          | WO 2009/154206 A1 (住友ベークライト株式会社) 2009. 12. 23,<br>段落[0100]-[0170],[0222]-[0223], 第 2, 3, 10 図 & JP 2010-2724 A     | 1, 2, 4-7, 21<br>3, 8-20 |
| X<br>Y          | WO 2010/026931 A1 (住友ベークライト株式会社) 2010. 03. 11,<br>段落[0100]-[0159] (ファミリーなし)                                        | 1, 2, 4, 21<br>3, 5-20   |

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 1 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)  
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5  
東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

▲高▼ 芳徳

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

2 X

9 8 1 3

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                        |                                             |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                      | 関連する<br>請求項の番号                              |
| X<br>Y                | WO 2010/023976 A1 (住友ベークライト株式会社) 2010.03.04,<br>明細書第13頁第10行-第14頁第12行, 第20頁第12-20行,<br>第21頁第21行-第22頁第11行, 第25頁第14行-第26頁第19行,<br>第65頁第2-15行, 第10, 16図 & JP 2009-145867 A | 1, 2, 4-6,<br>9-11, 17-21<br>3, 7, 8, 12-16 |
| X<br>Y                | JP 2008-286919 A (住友ベークライト株式会社) 2008.11.27,<br>段落【0044】-【0046】, 【0056】-【0059】 (ファミリーなし)                                                                                | 1, 2, 4, 21<br>3, 5-20                      |
| X<br>Y                | WO 2008/126499 A1 (日本電気株式会社) 2008.10.23,<br>段落[0008]-[0031], [0037]-[0060], 第1図 & US 2010/0150506 A1                                                                   | 1, 2, 4, 21<br>3, 5-20                      |
| Y                     | WO 2009/151045 A1 (住友ベークライト株式会社) 2009.12.17,<br>段落[0044]-[0046], [0061]-[0064] (ファミリーなし)                                                                               | 3                                           |
| Y                     | JP 2005-336333 A (東亜合成株式会社) 2005.12.08, 段落【0051】,<br>【0054】, 【0055】 (ファミリーなし)                                                                                          | 3                                           |
| Y                     | JP 2005-336349 A (東亜合成株式会社) 2005.12.08,<br>段落【0049】, 【0052】, 【0053】 (ファミリーなし)                                                                                          | 3                                           |
| Y                     | JP 2009-67828 A (住友ベークライト株式会社) 2009.04.02,<br>段落【0005】, 【0007】, 【0010】 (ファミリーなし)                                                                                       | 3                                           |